

MODUL GURU PEMBELAJAR

**MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)**

KELOMPOK KOMPETENSI B

**PEDAGOGI:
TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM
PEMBELAJARAN IPA**

Penulis:

Nina Soesanti, S.Si., M.Pd., dkk.

**PROFESIONAL:
KLASIFIKASI, ORGAN TUMBUHAN, BIOSEL,
SISTEM PENCERNAAN MANUSIA**

Penulis:

Arief Husein Maulani, M.Si., dkk.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016**

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Penulis:

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd.

Nina Soesanti, S.Si., M.Pd.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Penulis:

Dr. Poppy Kamalia devi, M.Pd.

Nina Soesanti, S.Si., M.Pd.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

TEORI BELAJAR DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PEMBELAJARAN IPA

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Dr. Poppy Kamalia Devi, M.Pd

022-4231191

devipopi@yahoo.co.id

Nina Soesanti, S.Si., M.Pd.

022-4231191

ninasoesanti@gmail.com

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi

Penelaah

Dr. Riandi

Dr. Sri Anggraeni, M.Si.

Dr. Soni Suhandono

Dra. Tati Hermawati, M.Si.

Drs. Triastono Imam P., M.Pd.

Penata Letak

Octy Viali Zahara, S.Pd.

Copyright ©2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016
Direktur Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.
NIP. 195908011985031002

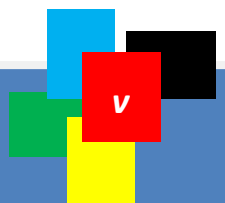
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.





Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	2
E. Cara Penggunaan Modul	3
KEGIATAN PEMBELAJARAN	5
I. TEORI BELAJAR	5
A. Tujuan	6
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	6
C. Uraian Materi	6
D. Aktivitas Pembelajaran	29
E. Latihan/Kasus/Tugas	30
F. Rangkuman	31
G. Umpan Balik	32
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS	33
EVALUASI	35
PENUTUP	39
DAFTAR PUSTAKA	41
GLOSARIUM	43



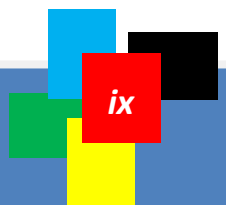
DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru	2
Tabel 1.1	Jenis Keterampilan	25
Tabel 1.2	Perbandingan Teori Belajar Piaget, Bruner, Ausubel	27



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Cara Penggunaan Modul	3
Gambar 1.1	Kontinum Belajar Hafalan Bermakna, Belajar Penerimaan dan Penemuan	20
Gambar 1.2	Subsumer A, B, C	21





PPPPTK IPA

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan - Kemdikbud

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Modul Guru Pembelajaran pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Untuk membantu guru meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik disusun modul Guru Pembelajar yang terbagi atas 10 Kelompok Kompetensi (KK).

Untuk meningkatkan hasil pembelajaran yang optimal seorang guru sebaiknya menggunakan strategi, pendekatan, atau model-model pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan topik yang akan disajikan dan dipelajari peserta didik. Beberapa strategi/model pembelajaran yang dikemukakan pakar pendidikan, didasari oleh teori belajar tertentu dan digunakan untuk tujuan tertentu pula. Untuk tujuan pembelajaran yang berbeda digunakan model pembelajaran yang berbeda pula. Dengan demikian penting bagi guru untuk memahami teori-teori belajar sebelum mempelajari mengenai model-model pembelajaran.

B. Tujuan

Setelah melaksanakan pembelajaran dalam modul ini, peserta diharapkan dapat:

1. Perbedaan teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik dalam pembelajaran.
2. Berbagai teori belajar, khususnya teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi).



C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru Mata Pelajaran yang diharapkan setelah guru peserta belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Kompetensi Guru
2.1. Memahami berbagai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik terkait dengan mata pelajaran yang diampu.	<ol style="list-style-type: none">1. Membedakan pengertian teori belajar, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran2. Mendeskripsikan teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi)3. Menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi B, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut. Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

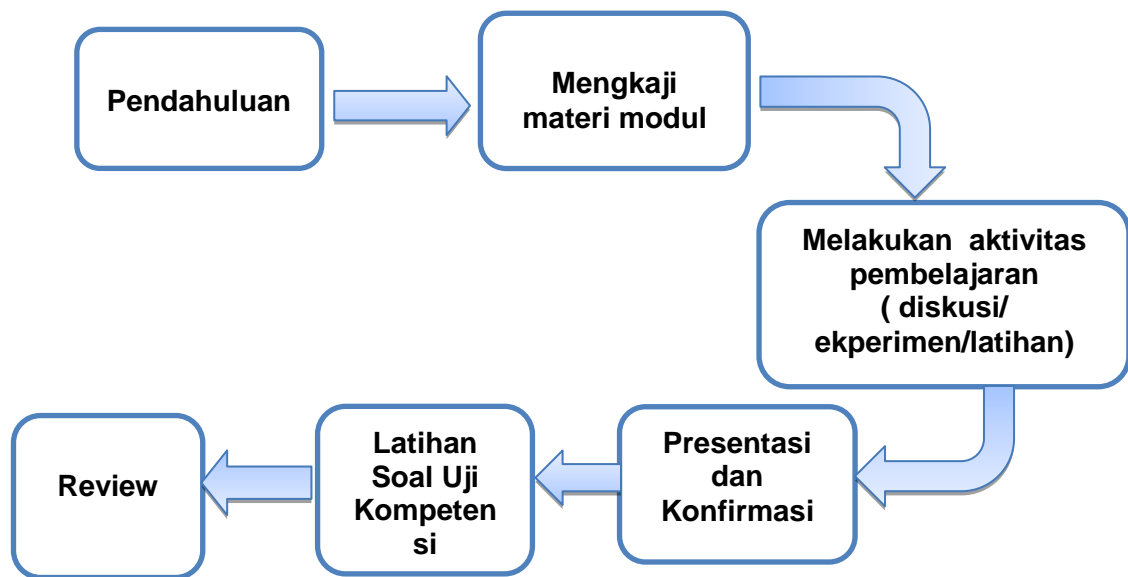
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pengertian Teori belajar, Model, Pendekatan, Strategi, Metode dan Teknik Belajar dalam Pembelajaran.
2. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya.



E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian materi. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sbb.



Gambar 1. Cara Penggunaan Modul

Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari :

- latar belakang yang memuat gambaran materi
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul

2. Mengkaji materi



Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta untuk mempelajari materi yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dsb.

Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama

5. Review Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Modul Diklat Guru Pembelajaran pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Untuk membantu guru meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik disusun modul diklat Guru Pembelajaran yang terbagi atas 10 Kelompok Kompetensi (KK). Untuk meningkatkan hasil pembelajaran yang optimal seorang guru sebaiknya menggunakan strategi, pendekatan, atau model-model pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan topik yang akan disajikan dan dipelajari peserta didik. Beberapa strategi/model pembelajaran yang dikemukakan pakar pendidikan, didasari oleh teori belajar tertentu dan digunakan untuk tujuan tertentu pula. Untuk tujuan pembelajaran yang berbeda digunakan model pembelajaran yang berbeda pula. Dengan demikian penting bagi guru untuk memahami teori-teori belajar sebelum mempelajari mengenai model-model pembelajaran.

B. Tujuan

Setelah melaksanakan pembelajaran dalam modul ini, peserta diklat diharapkan dapat:

1. Perbedaan teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik dalam pembelajaran.
2. Berbagai teori belajar, khususnya teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi).



C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru Mata Pelajaran yang diharapkan setelah guru peserta diklat belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
2.1. Memahami berbagai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik terkait dengan mata pelajaran yang diampu.	<ol style="list-style-type: none">1. Membedakan pengertian teori belajar, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran2. Mendeskripsikan teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi)3. Menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup materi pada Modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi B, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut. Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

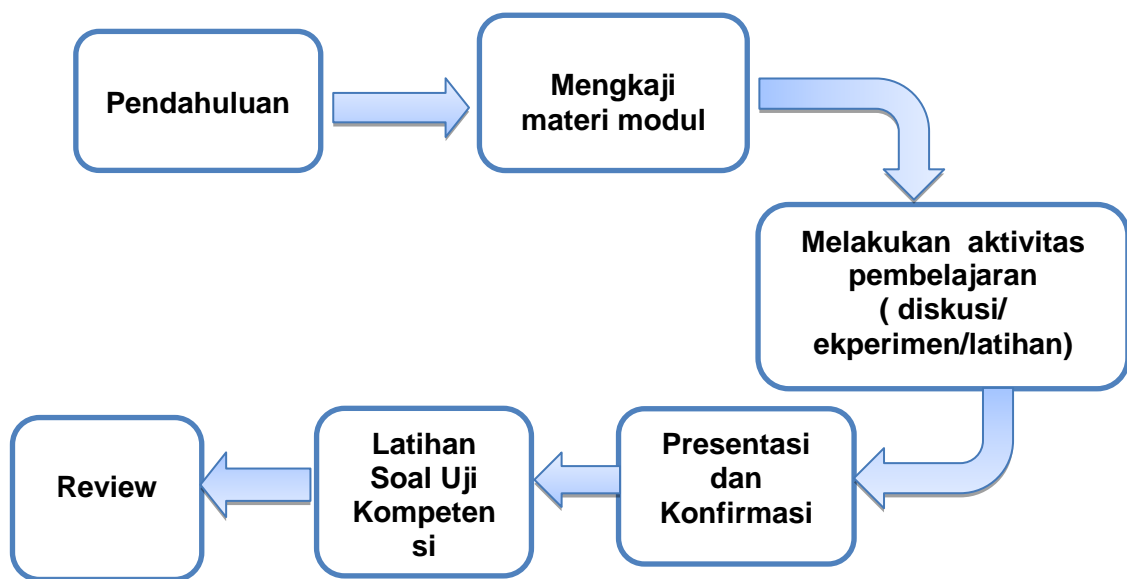
Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Pengertian Teori belajar, Model, Pendekatan, Strategi, Metode dan Teknik Belajar dalam Pembelajaran.
2. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya.



E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian mata diklat. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Cara Penggunaan Modul

Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari :

- latar belakang yang memuat gambaran materi diklat
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi diklat
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul

2. Mengkaji materi diklat

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari materi diklat yang diuraikan secara singkat sesuai dengan



indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dan sebagainya.

Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan.

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama.

5. Review Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi.

KEGIATAN PEMBELAJARAN: TEORI BELAJAR

Untuk meningkatkan hasil pembelajaran yang optimal seorang guru sebaiknya menggunakan strategi, pendekatan, atau model-model pembelajaran yang bervariasi sesuai dengan topik yang akan disajikan dan dipelajari peserta didik. Beberapa strategi/model pembelajaran yang dikemukakan pakar pendidikan, didasari oleh teori belajar tertentu dan digunakan untuk tujuan tertentu pula. Untuk tujuan pembelajaran yang berbeda digunakan model pembelajaran yang berbeda pula. Misalnya, tujuan pembelajaran perubahan perilaku yang berbentuk keterampilan motorik berbeda dari tujuan pembelajaran peningkatan keterampilan berpikir.

Penggunaan strategi, pendekatan, dan model pembelajaran hendaknya disesuaikan pula dengan karakteristik mata pelajaran yang diajarkan. Dalam pelajaran biologi, yang merupakan bagian dari pelajaran IPA, pembelajaran menekankan pada pengembangan keterampilan berpikir melalui proses dan produk. Biologi merupakan ilmu yang diperoleh dan dikembangkan berdasarkan percobaan (induktif) namun pada perkembangan selanjutnya biologi juga diperoleh dan dikembangkan berdasarkan teori (deduktif). Ada dua hal yang berkaitan dengan biologi yang tidak terpisahkan, yaitu biologi sebagai produk (pengetahuan biologi yang berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, dan teori) temuan ilmuwan dan biologi sebagai proses (kerja ilmiah). Oleh sebab itu, pembelajaran biologi dan penilaian hasil belajar biologi harus memperhatikan karakteristik ilmu biologi sebagai proses dan produk.

Dengan demikian, pencapaian tujuan mata pelajaran biologi oleh peserta didik hendaknya dilakukan melalui berbagai pendekatan, strategi, dan atau model-model pembelajaran yang menekankan pengembangan keterampilan berpikir melalui proses dan sikap ilmiah. Pada Permendiknas nomor 16 tahun 2007 salah satu kompetensi inti pedagogik guru adalah 2. Menguasai teori belajar dan



prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik. Dengan kompetensi guru 2.1 Memahami berbagai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik terkait dengan mata pelajaran yang diampu; dan 2.2 Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

Untuk dapat menguasai kompetensi ini pada modul ini Anda dapat mempelajari kembali berbagai pengertian pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran serta pengertian tentang model-model pembelajaran.

A. Tujuan

Setelah belajar dengan modul ini diharapkan Anda dapat memahami:

1. Perbedaan teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik dalam pembelajaran.
2. Berbagai teori belajar, khususnya teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi).

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Indikator pencapaian kompetensi yang diharapkan dicapai melalui diklat ini adalah:

1. Membedakan pengertian teori belajar, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran.
2. Mendeskripsikan teori-teori belajar yang sesuai dengan pembelajaran IPA (Biologi).
3. Menerapkan teori-teori belajar dalam kegiatan pembelajaran.

C. Uraian Materi

Pada uraian materi berikut akan dibahas pengertian Teori belajar dan Karakteristiknya, Model, Pendekatan, Strategi, Metode, dan Teknik Pembelajaran dan jenis dan karakteristik teori belajar.



1. Pengertian Teori belajar, Model, Pendekatan, Strategi, Metode dan Teknik Belajar dalam Pembelajaran

Dalam proses pembelajaran dikenal beberapa istilah yang memiliki kemiripan makna, sehingga seringkali orang merasa bingung untuk membedakannya. Istilah-istilah tersebut adalah: (1) teori belajar, (2) pendekatan pembelajaran, (2) strategi pembelajaran, (3) metode pembelajaran; (4) teknik pembelajaran; dan (6) model pembelajaran. Di bawah ini akan dibahas hal tersebut:

a. Teori Belajar

Teori belajar adalah kerangka kerja konseptual yang menggambarkan bagaimana informasi diserap, diproses, dan ditahan selama belajar. Aspek kognitif, emosional, pengaruh lingkungan, dan pengalaman sebelumnya, semuanya berperan dalam bagaimana memahami, bagaimana pengetahuan dan keterampilan diperoleh, diubah dan dipertahankan.

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi. Dengan demikian, pembelajaran didefinisikan sebagai pengorganisasian atau penciptaan atau pengaturan suatu kondisi lingkungan yang sebaik-baiknya yang memungkinkan terjadinya belajar pada siswa.

b. Pendekatan (*approach*)

Pendekatan merupakan cara pandang yang digunakan guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran. Pernyataan tersebut sejalan dengan pendapat Joni (1991), ia mengemukakan bahwa pendekatan menunjukan cara umum dalam memandang permasalahan atau obyek kajian. Pendekatan pembelajaran dapat digunakan untuk menetapkan strategi dan langkah-langkah pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran. Setiap pendekatan yang diterapkan akan melibatkan kemampuan subjek belajar dan guru dengan kadarnya masing-masing. Sehubungan dengan hal ini, Anderson (dalam Sudjana, 1989) mengemukakan dua kategori pendekatan, yaitu pendekatan *berpusat pada guru (teacher centered)* dan *berpusat pada siswa (student centered)* (Sudjana, 1989). Contoh pendekatan pembelajaran adalah



pendekatan konsep, pendekatan lingkungan, pendekatan proses sains, pendekatan STS (*Science-Technology-Society*), dan pendekatan kontekstual.

c. Strategi Pembelajaran

Strategi pembelajaran dapat diartikan sebagai *a plan, method, or series of activities designed to achieves a particular educational goal* (David [1976] dalam Gulo, 2002:2). Menurut definisi di atas, strategi pembelajaran mencakup rencana, metode, dan perangkat kegiatan yang direncanakan untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu. Selanjutnya, Gulo menjelaskan bahwa: (a) strategi pembelajaran adalah rencana dan cara-cara membawakan pembelajaran agar segala prinsip dasar dapat terlaksana dan segala tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif, (b) cara-cara membawakan pembelajaran itu merupakan pola dan urutan umum perbuatan guru-murid dalam perwujudan kegiatan belajar-mengajar, (c) pola dan urutan umum perbuatan guru-murid itu merupakan suatu kerangka umum kegiatan pembelajaran yang tersusun dalam rangkaian bertahap menuju tujuan yang telah ditetapkan.

Untuk menentukan strategi pembelajaran, harus diperhatikan komponen-komponen (a) tujuan pembelajaran, (b) guru, (c) peserta didik, (d) materi pembelajaran, (e) metode pembelajaran, (f) media pembelajaran, dan (g) faktor administrasi dan finansial (misalnya jadwal pelajaran, kondisi ruang belajar).

d. Model Pembelajaran

Model pembelajaran adalah pola pembelajaran yang mendeskripsikan kegiatan guru-siswa di dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya belajar pada siswa (Hinduan, dkk, 1990). Definisi lain tentang model pembelajaran dikemukakan oleh Winataputra (1996) yang menyatakan bahwa model pembelajaran merupakan suatu kerangka konseptual atau pola yang melukiskan prosedur secara sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar tertentu dan berfungsi sebagai pedoman bagi para perancang pembelajaran dan para pengajar dalam merencanakan dan melaksanakan aktivitas pembelajaran. Sementara itu, Joyce et al (2000) mengemukakan bahwa model pembelajaran merupakan kerangka berpikir yang mengarahkan seseorang merancang dan melaksanakan



pembelajaran di kelas serta membimbing siswa belajar di kelas sehingga interaksi belajar mengajar lebih terarah.

e. Metode Mengajar

Metode dalam konteks pendidikan adalah kumpulan prinsip yang terkordinir untuk melaksanakan pembelajaran, sedangkan dalam konteks pembelajaran, metode diartikan sebagai cara-cara menyajikan suatu bahan pelajaran pada situasi tertentu (Sukarno et.al, 1981:34). Sedangkan Gulo mengemukakan bahwa metode mengajar adalah *a way in achieving something*, jadi metode merupakan alat untuk mengoperasionalkan apa yang telah direncanakan dalam strategi. Dengan demikian, metode merupakan salah satu unsur dalam strategi pembelajaran.

Metode mengajar yang sering digunakan misalnya metode ceramah, demonstrasi, diskusi, dan eksperimen. Sedangkan teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran. Sebagai contoh, dalam metode diskusi dapat digunakan teknik *snow ball*, siswa berdiskusi dalam kelompok kecil kemudian setelah mendapat kesamaan persepsi terhadap materi yang didiskusikan dalam kelompok kecil tersebut, diskusi dilakukan antar kelompok yang lebih besar, sampai akhirnya diperoleh kesamaan persepsi dalam satu kelas

f. Teknik mengajar

Teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran. Sebagai contoh, dalam metode diskusi dapat digunakan teknik *snow ball*, siswa berdiskusi dalam kelompok kecil kemudian setelah mendapat kesamaan persepsi terhadap materi yang didiskusikan dalam kelompok kecil tersebut, diskusi dilakukan antar kelompok yang lebih besar, sampai akhirnya diperoleh kesamaan persepsi dalam satu kelas.

Joni (1991) menunjukkan keragaman khas dalam mengaplikasikan suatu metode sesuai dengan latar (*setting*) tertentu, seperti kemampuan dan kebiasaan guru, ketersediaan sarana dan prasarana sekolah, kemampuan dan kesiapan peserta didik, dan sebagainya. Contoh, dengan menggunakan metode ceramah, maka dapat disebutkan rentangan teknik berceramah mulai dari yang diibaratkan *tape-recorder* dalam menyampaikan bahan ajar pelajaran sampai dengan



menampilkan berbagai alat bantu/media untuk menyampaikan isi pelajaran yang dirancang berdasarkan teori pembelajaran mutakhir.

2. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya

Sebelum membahas jenis-jenis teori belajar Anda dapat mempelajari dahulu definisi belajar.

a. Definisi Belajar

Banyak definisi tentang belajar, salah satunya adalah seperti yang disampaikan oleh Gagne (1984), belajar dapat didefinisikan sebagai suatu proses dimana suatu organisme **berubah perilakunya** sebagai akibat dari **pengalaman**. *Learning may be defined as the process where by an organism changes its behaviour as a result of experience* (Gagne 1984 : 256).

Dari definisi belajar tersebut, ada dua kata kunci, yaitu **perilaku** dan **pengalaman**. Perilaku, menyangkut aksi atau tindakan, yang menjadi perhatian utama adalah perilaku verbal dari manusia, sebab dari tindakan-tindakan menulis dan berbicara manusia dapat kita tentukan apakah terjadi perubahan perilaku atau tidak. Perubahan dari "ba-ba" menjadi "bapak", perubahan dari menuliskan sesuatu dengan cara yang salah menjadi benar, memungkinkan kita untuk menyimpulkan bahwa belajar telah terjadi.

Komponen kedua dalam definisi belajar adalah pengalaman, hal ini membatasi macam-macam perubahan perilaku yang dapat dianggap mewakili belajar. Pengalaman yang dimaksud sebagai proses belajar adalah pengalaman yang dialami oleh siswa, bukan yang merupakan pengalaman fisiologis, seperti pada saat kita masuk ke dalam ruang yang gelap, lambat laun kita akan melihat dengan jelas, hal tersebut adalah akibat perubahan pupil mata dan perubahan perubahan fotobiologi dalam retina, hal ini merupakan sesuatu yang fisiologis dan tidak mewakili belajar.

Berikut ini lima macam perilaku perubahan pengalaman, yaitu:

- 1) Pada tingkat emosional paling primitif, terjadi perubahan perilaku diakibatkan dari pasangan stimulus tak terkondisi dengan stimulus terkondisi. Bentuk belajar seperti ini disebut belajar dan menolong kita bagaimana memahami bagaimana para siswa menyenangi atau tidak menyenangi sekolah atau mata pelajaran yang diajarkan.



- 2) Belajar Kontiguitas, yaitu bagaimana dua peristiwa dipasangkan satu dengan yang lainnya pada satu waktu. Kita dapat melihat bagaimana asosiasi ini dapat menyebabkan belajar dari latihan dan belajar stereotip (menggambarkan seorang ilmuwan itu berkacamata, seorang ibu tiri kejam dan lain-lain).
- 3) Belajar Operant, yaitu kita belajar bahwa konsekuensi perilaku mempengaruhi apakah perilaku itu akan diulangi atau tidak, dan berapa besar pengulangan itu.
- 4) Belajar Observasional, pengalaman belajar sebagai hasil observasi manusia dan kejadian-kejadian, kita belajar dari model-model, dan mungkin kita menjadi model bagi orang lain.
- 5) Belajar Kognitif terjadi dalam kepala kita, apabila kita melihat dan memahami peristiwa-peristiwa yang terjadi di sekitar kita.

b. Jenis-jenis Teori Belajar dan Karakteristiknya

Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai teori-teori belajar, yaitu: *teori belajar behaviorisme*, *teori belajar kognitivisme*, dan *teori belajar konstruktivisme*. Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses di mana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.

1) Teori Belajar Behaviorisme

Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori behaviorisme mendefinisikan belajar tidak lebih dari memperoleh perilaku baru. Ada beberapa pendapat mengenai teori belajar behaviorisme.

a) Teori E.L. Thorndike (Teori Koneksionisme)

Teori koneksionisme dikemukakan oleh Thorndike. Dalam eksperimennya Thorndike menggunakan kucing sebagai obyek penelitiannya, kucing ditempatkan dalam kotak. Dari kotak-kotak ini kucing itu harus keluar untuk



memperoleh makanan. Ia mengamati bahwa setelah selang beberapa waktu, kucing tadi mempelajari cara tercepat dalam memperoleh makanan melalui perilaku-perilaku yang efektif dan tidak mengulang perilaku yang tidak efektif. Dari eksperimen ini Thorndike mengembangkan hukumnya yang dikenal dengan Hukum Pengaruh atau *Law of Effect*, yang mengemukakan, bahwa jika suatu tindakan diikuti oleh perubahan yang memuaskan dalam lingkungan, kemungkinan bahwa tindakan itu akan diulangi menjadi lebih besar. Tetapi bila hasil yang diperoleh tidak memuaskan maka kemungkinan tindakan tersebut tidak akan diulangi.

Menurut Thorndike, belajar adalah proses interaksi antara stimulus dan respon. Stimulus, yaitu apa saja yang dapat merangsang terjadinya kegiatan belajar seperti pikiran, perasaan, atau hal-hal lain yang dapat ditangkap melalui alat indera. Sedangkan respon adalah reaksi yang dimunculkan siswa ketika belajar, dapat berupa pikiran, perasaan atau tindakan/gerakan.

Dari definisi belajar tersebut maka menurut Thorndike perubahan tingkah laku akibat kegiatan belajar dapat berwujud konkrit yaitu yang dapat diamati atau tidak konkrit atau yang tidak dapat diamati.

b) Teori Watson (Teori *Conditioning*)

Teori *conditioning* mula-mula dipelopori oleh Ivan Pavlov, kemudian dikembangkan oleh Watson. Menurut Watson, belajar adalah proses interaksi antara stimulus dan respon yang berbentuk tingkah laku yang dapat diamati dan dapat diukur. Ia tetap mengakui adanya perubahan-perubahan mental dalam diri seseorang selama proses belajar, namun semua itu tidak dapat menjelaskan apakah seseorang telah belajar atau belum karena tidak dapat diamati. Asumsinya bahwa, hanya dengan cara tersebut dapat diramalkan perubahan-perubahan apa yang bakal terjadi setelah seseorang melakukan tindak belajar.

Watson adalah seorang behavioris murni, karena kajiannya tentang belajar disejajarkan dengan ilmu-ilmu lain seperti fisika atau biologi yang sangat berorientasi pada pengalaman empirik yaitu sejauh dapat diamati dan dapat diukur.

c) Teori B.F. Skinner (*Operant Conditioning*)

Penelitian Skinner terpusat pada hubungan antara perilaku dan konsekuensi-konsekuensinya. Sebagai contoh misalnya, bila perilaku seseorang segera diikuti dengan konsekuensi yang menyenangkan, orang itu akan mengulang perilaku



tersebut lebih sering. Penggunaan konsekuensi-konsekuensi yang menyenangkan dan tidak menyenangkan untuk mengubah perilaku seseorang disebut *operant conditioning*.

Konsekuensi yang menyenangkan pada umumnya disebut *reinforcer* (penguatan), sedangkan konsekuensi yang tidak menyenangkan disebut *punisher* (hukuman).

2) Teori Belajar Kognitif

Kognitivisme berfokus pada "otak". Bagaimana proses dan penyimpanan informasi menjadi sangat penting dalam proses pembelajaran. Teori kognitif melihat melampaui perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak.

a) Teori Piaget

Menurut Piaget, perkembangan kognitif merupakan suatu proses genetik, artinya proses yang didasarkan atas mekanisme biologis yaitu perkembangan sistem syaraf. Makin bertambah umur seseorang, maka makin kompleks susunan sel syarafnya dan makin meningkat pula kemampuannya (Travers, 1976). Menurut Piaget, proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).

Ketika individu berkembang menuju kedewasaan, akan mengalami *adaptasi* biologis dengan lingkungannya yang akan menyebabkan adanya perubahan-perubahan kualitatif di dalam struktur kognitifnya. Piaget menyimpulkan bahwa daya pikir atau kekuatan mental anak yang berbeda usia akan berbeda pula secara kualitatif.

Proses adaptasi mempunyai dua bentuk dan terjadi secara simultan, yaitu asimilasi dan akomodasi. Adaptasi akan terjadi jika telah terdapat keseimbangan di dalam struktur kognitif. Asimilasi adalah proses perubahan apa yang dipahami sesuai dengan struktur kognitif yang telah ada, sedangkan akomodasi adalah proses perubahan struktur kognitif sehingga dapat dipahami. Jadi apabila individu menerima informasi atau pengalaman baru maka informasi tersebut akan dimodifikasi sehingga cocok dengan struktur kognitif yang telah dipunyainya. Proses ini disebut *asimilasi*. Sebaliknya, apabila struktur kognitif yang sudah dimilikinya harus disesuaikan dengan informasi yang diterima, maka hal ini disebut *akomodasi*. Asimilasi dan akomodasi akan terjadi apabila



seseorang mengalami *konflik kognitif* atau ketidakseimbangan antara apa yang telah diketahui dengan apa yang dilihat atau dialaminya sekarang.

Contoh: Seorang anak sudah memahami prinsip-prinsip pengurangan. Ketika mempelajari prinsip pembagian, maka terjadi proses pengintegrasian antara prinsip pengurangan yang telah dikuasai dengan prinsip pembagian sebagai informasi baru. Inilah yang disebut proses asimilasi. Jika anak tersebut diberikan soal tentang pembagian, maka situasi ini disebut akomodasi. Artinya anak tersebut sudah dapat mengaplikasikan atau memakai prinsip-prinsip pembagian dalam situasi yang baru dan spesifik.

Tugas guru dalam proses belajar mengajar adalah menyajikan materi yang harus dipelajari siswa sedemikian rupa sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan kognitif pada diri siswa. Dengan demikian ia akan berusaha untuk mengadaptasi informasi baru ke struktur kognitif yang telah ada (Worell and Stilwell, 1981).

Sebagaimana dijelaskan di atas, proses asimilasi dan akomodasi mempengaruhi struktur kognitif. Perubahan struktur kognitif merupakan fungsi dari pengalaman, dan kedewasaan anak terjadi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu. Menurut Piaget, proses belajar seseorang akan mengikuti pola dan tahap-tahap perkembangan sesuai dengan umurnya, dimana pola atau tahapan perkembangan ini bersifat hierarkhis, artinya harus dilalui berdasarkan urutan tertentu dan seseorang tidak dapat belajar sesuatu yang berada diluar tahap kognitifnya.

Tahap-tahap perkembangan Intelektual

Piaget mengemukakan bahwa perubahan kognitif merupakan hasil proses perkembangan. Piaget dan kawan-kawannya menemukan bahwa:

- (1) kemampuan intelektual anak berkembang melalui tahap-tahap tertentu
- (2) tahap-tahap ini terjadi dalam suatu urutan tertentu
- (3) ada beberapa rentangan secara umum yang berkaitan dengan tahap-tahap ini, tetapi anak itu dapat dan sering bergerak melalui tahap-tahap ini pada umur yang berlainan.
- (4) perkembangan intelektual tidak sama untuk semua bidang keilmuan.



Untuk keperluan dan konseptualisasi pertumbuhan kognitif atau perkembangan intelektual. Piaget membagi perkembangan ini ke dalam empat periode, yaitu sebagai berikut:

a) Periode Sensori Motor (0 - 2,0 tahun)

Pada periode ini tingkah laku anak bersifat motorik dan anak menggunakan sistem penginderaan untuk mengenal lingkungannya untuk mengenal objek. Pada waktu lahir anak hanya melakukan kegiatan-kegiatan refleks. Gunarsa (1982:153) merinci periode ini ke dalam enam sub masa perkembangan, yaitu sebagai berikut:

- (1) Aktifitas refleks atau modifikasi dari refleks-refleks: 0 - 1 bulan.
- (2) Reaksi pengulangan pertama (koordinasi tangan dan mulut): 1 - 4 bulan.
- (3) Reaksi pengulangan kedua (koordinasi tangan-mata): 4 - 10 bulan.
- (4) Koordinasi reaksi-reaksi sekunder (pengkoordinasian dua skema): 0 - 12 bulan.
- (5) Reaksi pengulangan ketiga (cara-cara baru melalui eksperimen yang dapat diikuti): 12 - 18 bulan.
- (6) Permulaan berpikir (perkembangan internal, cara-cara baru melakukan kombinasi-kombinasi mental): 18 - 24 bulan.

Perubahan utama pada sensori motor ini adalah perkembangan bergerak dari kegiatan refleks ke perlambangan.

b) Periode Pra Operasional (2,0 – 7,0 tahun)

Pada periode ini secara kualitatif, pemikiran anak merupakan kemajuan dari periode sensori motor. Pemikiran anak tidak lagi dibatasi oleh kejadian-kejadian perseptual dan motorik langsung. Pemikiran anak telah sungguh-sungguh simbolik dan urutan-urutan tingkah laku dapat dimunculkan dalam pikiran anak tidak terbatas pada kejadian-kejadian fisis dan nyata. Periode ini ditandai dengan perkembangan bahasa yang pesat (2 - 4 tahun), tingkah laku bersifat egosentrik dan non sosial (Gredler, 1992).

Pada periode ini anak dapat melakukan sesuatu sebagai hasil meniru atau mengamati sesuatu model tingkah laku dan mampu melakukan simbolisasi. Perhatian pada dua dimensi belum dapat dilakukan anak. Hal ini oleh Piaget diistilahkan dengan konsentrasi/memusat.



c) Periode Operasi Konkrit (7,0 - 11,0 tahun)

Pada periode ini, anak sudah mampu menggunakan operasi. Pemikiran anak tidak lagi di dominasi oleh persepsi, sebab anak mampu memecahkan masalah kongkrit secara logis. Anak tidak lagi egosentris, ia dapat menerima pandangan orang lain dan bahasanya sudah komunikatif dan sosial. Pada periode ini, anak sudah dapat memecahkan masalah yang menyangkut konservasi dan kemampuan reversibility, mampu mengklasifikasi, tetapi belum dapat memecahkan masalah yang bersifat hipotetis.

d) Periode Operasi Formal (11,0 - > 15 tahun)

Periode operasi formal merupakan tingkat puncak perkembangan struktur kognitif. Anak remaja berpikir logis untuk semua jenis masalah hipotetis, masalah verbal, dan ia dapat menggunakan penalaran ilmiah dan dapat menerima pandangan orang lain.

Aspek-aspek yang Berhubungan dengan Perkembangan Kognitif

Piaget dalam Dahar (1989:156) mengemukakan ada empat aspek yang besar yang ada hubungannya dengan perkembangan kognitif. Keempat aspek tersebut, yaitu: (1) Pendewasaan; (2) Pengalaman fisik; (3) Interaksi sosial; dan (4) Ekuilibrisasi.

Pendewasaan merupakan pengembangan dari susunan syaraf, misalnya kemampuan mengepal dan menendang disebabkan oleh kematangan yang sudah dicapai oleh susunan syaraf dari individu.

Anak harus mempunyai pengalaman dengan benda-benda dan stimulus-stimulus dalam lingkungan tempat ia bereaksi terhadap benda-benda itu. Akomodasi dan asimilasi tidak dapat berlangsung kalau tidak ada interaksi antara individu dengan lingkungannya. Anak tidak hanya harus mempunyai pengalaman berinteraksi, tetapi juga ia harus mengadakan aksi kepada lingkungannya.

Interaksi sosial dalam pengertian di sini adalah pertukaran ide (gagasan) antara individu dengan individu (teman sebaya, orangtua, guru, atau orang dewasa lainnya). Interaksi sosial ini penting dalam perkembangan konsep yang tidak mempunyai acuan fisik, misalnya konsep kejujuran sangat dipengaruhi oleh penerimaan orang lain.



Keseimbangan atau penyeimbangan dipandang sebagai suatu sistem pengaturan diri (internal) yang bekerja untuk menyelaraskan peranan pendewasaan/ kematangan, pengalaman fisik, dan interaksi sosial.

b) Teori Jerome Bruner: Belajar Penemuan (*Discovery Learning*)

Jerome Bruner (1915) adalah seorang ahli psikologi perkembangan dan ahli psikologi belajar kognitif. Menurut Bruner belajar adalah cara-cara bagaimana orang memilih, mempertahankan, dan mentransformasi informasi secara aktif. Bruner memusatkan perhatiannya pada masalah apa yang dilakukan manusia dengan informasi yang diterimanya, dan apa yang dilakukannya sesudah memperoleh informasi untuk mencapai pemahaman yang memberikan kemampuan kepadanya.

Bruner mengemukakan bahwa belajar melibatkan tiga proses yang berlangsung hampir bersamaan. Ketiga proses itu adalah : (1) memperoleh informasi baru, (2) transformasi informasi, dan (3) menguji relevansi dan ketepatan pengetahuan.

Pandangannya terhadap belajar yang disebutnya sebagai konseptualisme instrumental itu, didasarkan pada dua prinsip, yaitu: (1) pengetahuan orang tentang alam didasarkan pada model-model tentang kenyataan yang dibangunnya, dan (2) model-model semacam itu mula-mula diadopsi dari kebudayaan seseorang, kemudian model-model itu diadaptasikan pada kegunaan bagi orang bersangkutan.

Pematangan intelektual atau pertumbuhan kognitif seseorang ditunjukkan oleh bertambahnya ketidaktergantungan respons dari sifat stimulus. Pertumbuhan itu tergantung pada bagaimana seseorang menginternalisasi peristiwa-peristiwa menjadi suatu *sistem simpan* yang sesuai dengan lingkungan. Pertumbuhan itu menyangkut peningkatan kemampuan seseorang untuk mengemukakan pada dirinya sendiri atau pada orang lain tentang apa yang telah atau akan dilakukannya.

J. Bruner mengemukakan teori belajar model instruksional kognitif yang sangat berpengaruh yang dikenal dengan nama *belajar penemuan (discovery learning)*, yaitu belajar melalui pengalaman sendiri, berusaha untuk mencari pemecahan masalah serta pengetahuan yang menyertainya, menghasilkan pengetahuan yang benar-benar bermakna. Siswa hendaknya berpartisipasi aktif dengan konsep-konsep dan prinsip-prinsip, mereka dianjurkan memperoleh pengalaman



dan melakukan eksperimen-eksperimen yang memungkinkan mereka menemukan konsep/prinsip sendiri.

Menurut Bruner perkembangan kognitif seseorang terjadi melalui tiga tahap yang ditentukan oleh caranya melihat lingkungan, yaitu:

- 1) *Tahap enaktif*, seseorang melakukan aktivitas-aktivitas dalam upayanya untuk memahami lingkungan sekitarnya. Artinya dalam memahami dunia sekitarnya anak menggunakan pengetahuan motorik, misalnya melalui gigitan, sentuhan, pegangan dan sebagainya.
- 2) *Tahap ikonik*, seseorang memahami objek-objek atau dunianya melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal. Artinya anak belajar melalui bentuk perumpamaan dan perbandingan (komparasi).
- 3) *Tahap simbolik*, seseorang telah mampu memiliki ide-ide atau gagasan-gagasan abstrak yang sangat dipengaruhi oleh kemampuannya dalam berbahasa dan logika. Dalam memahami dunia sekitarnya anak belajar melalui simbol-simbol bahasa, logika, matematika, dan sebagainya.

Menurut Bruner, perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan cara menyusun materi pelajaran dan menyajikannya sesuai dengan tahap perkembangan orang tersebut. Penataan materi dari umum ke rinci dikemukakan dalam model kurikulum spiral, merupakan bentuk penyesuaian antara materi yang dipelajari dengan tahap perkembangan kognitif orang yang belajar. Dengan kata lain perkembangan kognitif seseorang dapat ditingkatkan dengan jalan mengatur bahan yang akan dipelajari dan menyajikannya sesuai dengan tingkat perkembangannya.

Beberapa keunggulan **belajar penemuan** (*Discovery Learning*):

1. Pengetahuan yang diperoleh akan bertahan lama dan lebih mudah diingat.
2. Hasil belajar mempunyai efek transfer yang lebih baik, dengan kata lain konsep dan prinsip yang diperoleh lebih mudah diterapkan pada situasi-situasi baru.
3. Meningkatkan penalaran siswa dan kemampuan untuk berpikir secara bebas, melatih keterampilan-keterampilan kognitif siswa untuk menemukan dan memecahkan masalah tanpa pertolongan orang lain.

Bagaimana cara menerapkan belajar penemuan di kelas sehingga diperoleh hasil yang maksimal, tentu tidak lepas dari peranan guru. Jika kita mengajarkan



sains berarti kita ingin membuat anak kita berpikir secara sistematis, berperan serta dalam proses perolehan pengetahuan.

Peranan guru dalam **belajar penemuan** adalah sebagai berikut:

1. Merencanakan pelajaran sedemikian rupa sehingga pelajaran itu terpusat pada masalah-masalah yang tepat untuk diselidiki oleh siswa.
2. Menyajikan materi pelajaran yang diperlukan sebagai dasar bagi para siswa untuk memecahkan masalah
3. Cara penyajian disesuaikan dengan taraf perkembangan kognitif siswa
4. Bila siswa memecahkan masalahnya di laboratorium atau secara teoritis, hendaknya guru berperan sebagai pembimbing.
5. Penilaian hasil belajar penemuan meliputi pemahaman tentang prinsip-prinsip dasar mengenai suatu bidang studi, dan kemampuan siswa untuk menerapkan prinsip-prinsip dasar itu pada situasi baru.

c) Teori David Ausubel: Belajar Bermakna

David Ausubel adalah seorang ahli psikologi pendidikan. Menurut Ausubel, belajar dapat diklasifikasikan ke dalam dua dimensi, yaitu:

Dimensi pertama berhubungan dengan cara informasi atau materi pelajaran disajikan pada siswa, melalui penerimaan atau penemuan.

Dimensi kedua menyangkut cara bagaimana siswa dapat mengaitkan informasi itu pada struktur kognitif yang telah ada. Struktur kognitif yang dimaksud adalah fakta-fakta, konsep-konsep dan generalisasi-generalisasi yang telah dipelajari dan diingat oleh siswa (Dahar, 1989:110)

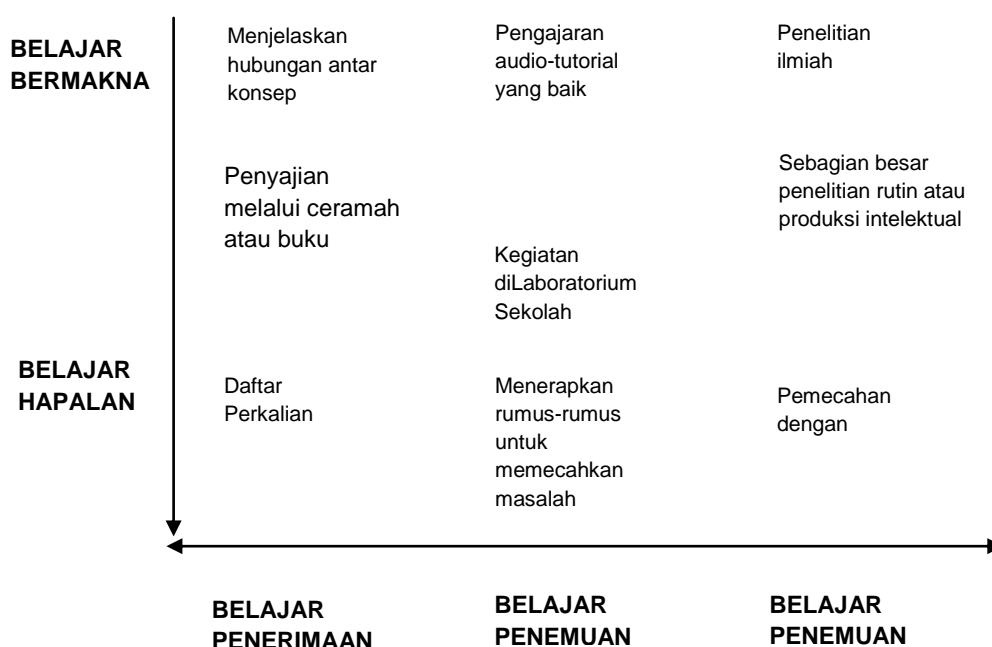
Pada tingkat pertama dalam belajar, informasi dapat dikomunikasikan pada siswa baik dalam bentuk belajar penerimaan yang menyajikan informasi itu dalam bentuk final, maupun dengan bentuk belajar penemuan yang mengharuskan siswa untuk menemukan sendiri sebagian atau seluruh materi yang akan diajarkan.

Pada tingkat kedua, siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi itu pada pengetahuan (berupa konsep atau lainnya) yang telah dimiliki sebelumnya, dalam hal ini terjadi belajar bermakna. Akan tetapi siswa juga dapat mencoba-coba menghafalkan informasi baru itu, tanpa menghubungkannya pada konsep-konsep yang telah ada dalam struktur kognitifnya, dalam hal ini terjadi belajar hafalan.



Pada saat guru menjelaskan materi, dapat terjadi dua dimensi, pertama dapat terjadi *belajar bermakna*, yaitu apabila siswa menghubungkan atau mengaitkan informasi yang diterima dengan konsep-konsep yang telah ada/ yang telah dimiliki sebelumnya. Dapat pula hanya *penerimaan informasi* saja tanpa mengaitkan dengan konsep-konsep yang telah ada atau yang dikenal dengan belajar hafalan.

Walaupun demikian, belajar hafalan dapat pula menjadi bermakna yaitu dengan cara menjelaskan hubungan antara konsep-konsep. Untuk lebih jelasnya dapat diperhatikan bagan dibawah ini:



Bagan 1.1 Kontinum Belajar hafalan bermakna, belajar penerimaan dan penemuan
(novak, 1998, pp. 58)

Sepanjang garis mendatar, dari kiri ke kanan terdapat berkurangnya belajar penerimaan, dan bertambahnya belajar penemuan, sedangkan sepanjang garis vertikal dari bawah ke atas terjadi berkurangnya belajar hafalan dan bertambahnya belajar bermakna.

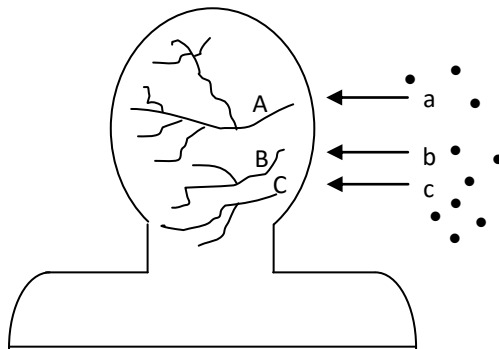
Inti dari teori Ausubel tentang belajar adalah *belajar bermakna* yang merupakan suatu proses mengaitkan informasi baru pada konsep-konsep relevan yang terdapat dalam struktur kognitif seseorang. Pada seorang anak, pembentukan



konsep merupakan proses utama untuk membentuk konsep-konsep. Telah kita ketahui, bahwa pembentukan konsep adalah semacam belajar penemuan yang menyangkut baik pembentukan hipotesis dan pengujian hipotesis maupun pembentukan generalisasi dari hal-hal yang khusus.

Pada saat usia masuk sekolah tiba, pada umumnya anak telah mempunyai kerangka konsep-konsep yang memungkinkan terjadinya belajar bermakna. Bila dalam struktur kognitif seseorang tidak terdapat konsep-konsep relevan, maka informasi baru dipelajari secara hafalan, dan bila tidak dilakukan usaha untuk mengasimilasikan pengetahuan baru pada konsep-konsep relevan yang sudah ada dalam struktur kognitif, akan terjadi belajar hafalan.

Proses Belajar Bermakna



Gambar 1.2. Subsumer A, B, C

Pada gambar di samping, informasi baru a, b, c, dikaitkan pada konsep yang relevan dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Subsumer A lebih banyak mengalami diferensiasi lebih banyak daripada subsumer B atau C (Novak, 1977 dalam Dahar, 1989: 113).

Selama belajar bermakna berlangsung, informasi baru a, b, c, terkait pada konsep-konsep dalam struktur kognitif (subsumer) A, B, C. Untuk menekankan pada fenomena pengaitan itu Ausubel mengemukakan istilah *subsumer*, Subsumer memegang peranan dalam proses perolehan informasi baru. Dalam belajar bermakna subsumer mempunyai peranan interaktif, memperlancar gerakan informasi yang relevan melalui penghalang-penghalang perseptual dan menyediakan suatu kaitan antara informasi yang baru diterima dengan pengetahuan yang sudah dimiliki sebelumnya. Proses interaktif antara materi yang baru dipelajari dengan subsumer-subsumer inilah yang menjadi inti teori belajar asimilasi Ausubel. Proses ini disebut proses *subsumsi*.

Selama belajar bermakna, subsumer mengalami modifikasi dan terdiferensiasi lebih lanjut. Diferensiasi subsumer-subsumer diakibatkan oleh asimilasi pengetahuan baru selama belajar bermakna berlangsung. Informasi yang



dipelajari secara bermakna biasanya lebih lama diingat dari pada informasi yang dipelajari secara hafalan.

Menurut Ausubel dan juga Novak (1977), ada tiga kebaikan belajar bermakna, yaitu:

- (1) Informasi yang dipelajari secara bermakna lebih lama dapat diingat.
- (2) Informasi yang tersubsumsi berakibatkan peningkatan diferensiasi dari subsumer-subsumer, jadi memudahkan proses belajar berikutnya untuk materi pelajaran yang mirip.
- (3) Informasi yang dilupakan sesudah subsumsi obliteratif (subsumsi yang telah rusak), meninggalkan efek residual pada subsumer, sehingga mempermudah belajar hal-hal yang mirip walaupun telah terjadi lupa.

Pengembangan konsep berlangsung paling baik bila unsur-unsur yang paling umum, paling inklusif dari suatu konsep diperkenalkan terlebih dahulu, dan kemudian baru diberikan hal-hal yang lebih rinci dan khusus dari konsep tersebut. Dengan perkataan lain model belajar menurut Ausubel umumnya berlangsung dari umum ke khusus. Ausubel berkeyakinan bahwa belajar merupakan proses *deduktif*.

Dalam strategi mengajar deduktif, guru mengajarkan konsep-konsep yang paling inklusif dahulu, kemudian konsep-konsep yang kurang inklusif dan seterusnya. Proses penyusunan konsep semacam ini disebut diferensial progresif atau konsep-konsep disusun secara hierarki, hal ini diterjemahkan oleh Novak sebagai peta konsep.

Gagasan/pandangan belajar dari Ausubel yang menekankan pada belajar terjadi melalui penerimaan memberikan konsekuensi pada cara/metode penyajian dalam mengajar. Ausubel memberikan sebutan pada cara penyajian itu dengan pengajaran *expository*.

Pada pengajaran *expository* terdapat 4 ciri utama, yaitu:

- (1) Interaksi guru-siswa, walaupun guru lebih dominan dalam menyajikan materi, ide-ide/gagasan wal siswa harus menjadi bahan pertimbangan utama dalam pembahasan selanjutnya dalam setiap pengajaran.
- (2) Buatlah contoh-contoh untuk setiap konsep, walaupun penekanan belajar pada belajar bermakna secara verbal, pemberian contoh-contoh seperti dalam gambar dan diagram sangatlah diperlukan.



- (3) Penyajian bentuk deduktif. Dalam penyajian materi hendaknya diperkenalkan terlebih dahulu konsep-konsep umum dan inklusif, baru kemudian contoh-contoh yang lebih khusus.
- (4) Penyajian secara hierarkis. Penyajian bentuk ini menekankan penyajian materi secara hierarkis, misalnya sebelum menguraikan materi secara rinci, terlebih dahulu kita uraikan materi secara keseluruhan, sehingga siswa mampu menangkap struktur atau kedudukan sesuatu pada batang tubuh materi yang sedang dibahasnya.

Untuk menerapkan ciri-ciri pembelajaran seperti disarankan oleh Ausubel, strategi penyajian materi haruslah berbentuk *Advance Organizer* (*pengaturan awal*). *Advance Organizer* akan berfungsi sebagai suatu *Cognitive Bridge* (*jembatan pengetahuan*) yang akan menguatkan struktur kognitif siswa yang dapat menjadikan informasi-informasi baru dapat dengan mudah diasimilasikan. *Advance Organizer* akan mengarahkan siswa ke materi yang akan dipelajari dan menolong mereka untuk mengingat kembali informasi yang berhubungan, yang dapat digunakan membantu menanamkan pengetahuan baru.

Variabel-variabel yang mempengaruhi belajar bermakna

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi belajar bermakna ialah: (1) struktur kognitif yang ada, (2) stabilitas dan kejelasan pengetahuan dalam suatu bidang studi tertentu dan (3) pada waktu tertentu.

Sifat-sifat struktur kognitif menentukan validitas dan kejelasan arti-arti yang timbul waktu informasi itu masuk ke dalam struktur kognitif itu, jika struktur kognitif itu stabil, jelas dan diatur dengan baik, maka akan timbul arti-arti yang jelas, sah atau tidak meragukan dan cenderung akan bertahan. Tetapi sebaliknya, jika struktur kognitif itu tidak stabil, meragukan dan tidak teratur, maka struktur kognitif itu cenderung menghambat belajar.

Prasyarat-prasyarat dari belajar bermakna adalah sebagai berikut:

- (1) Materi yang akan dipelajari harus bermakna secara potensial.
- (2) Anak yang akan belajar harus bertujuan untuk melakukan belajar bermakna, mempunyai kesiapan dan niat untuk belajar bermakna.

Kebermaknaan materi pelajaran secara potensial tergantung pada dua faktor, yaitu:



- (1) Materi harus memiliki kebermaknaan logis yaitu materi yang konsisten, ajeg dan substantif yaitu dapat dinyatakan dalam berbagai cara, tanpa mengubah arti
- (2) Gagasan-gagasan yang relevan harus terdapat dalam struktur kognitif siswa.

d) Teori Gagne

Teori belajar yang dikemukakan oleh Robert M Gagne (1985) merupakan perpaduan antara konsep behaviorisme dan kognitivisme, yang berpangkal pada teori proses informasi. Menurut Gagne, cara berpikir seseorang tergantung pada: (1) keterampilan apa yang telah dipunyainya, (2) keterampilan serta hirarki apa yang diperlukan untuk mempelajari suatu tugas.

Selanjutnya Gagne berpendapat bahwa di dalam proses belajar terdapat dua fenomena, yaitu: (1) keterampilan intelektual yang meningkat sejalan dengan meningkatnya umur serta latihan yang diperoleh individu, dan (2) belajar akan lebih cepat apabila strategi kognitif dapat dipakai dalam memecahkan masalah secara lebih efisien.

Gagne (1985), menyebutkan adanya lima macam hasil belajar yaitu: *Keterampilan intelektual, Strategi kognitif, Informasi verbal, Keterampilan motorik dan Sikap.*

(1) Keterampilan Intelektual

Keterampilan Intelektual atau pengetahuan prosedural yang mencakup belajar diskriminasi, konsep, prinsip, dan pemecahan masalah, yang kesemuanya diperoleh melalui materi yang disajikan di sekolah.

Menurut Gagne (1985), terdapat hierarki keterampilan intelektual yang berbeda. Setiap keterampilan pada hierarki tersebut merupakan prasyarat yang harus dikuasai siswa untuk mempelajari keterampilan-keterampilan berikutnya. Keterampilan intelektual sederhana ke kompleks adalah sebagai berikut:



Tabel 1.1. Jenis Keterampilan

Jenis Keterampilan	Deskripsi
1. Belajar diskriminasi	Siswa merespon perbedaan dan persamaan dari objek. Misalnya bentuk, warna, ukuran dari objek tersebut.
2. Belajar konsep a. Konsep konkrit	Siswa mengidentifikasi objek atau peristiwa sebagai suatu anggota dari kelompok suatu objek, misalnya suatu objek berbentuk bulat, contohnya uang logam, ban mobil. Kemudian siswa dapat menunjukkan dua atau lebih dari anggota objek yang berbentuk bulat.
b. Konsep terdefinisi	Konsep ini dapat dipebelajari siswa melalui aturan, contohnya siswa belajar konsep basa. Bila ia meneteskan kertas lakmus merah dengan zat bersifat basa itu, dan ia melihat perubahan pada kertas lakmus merah yang berubah menjadi biru.
3. Belajar aturan	Siswa dapat merespon pada suatu kelompok situasi dengan sejumlah penampilan yang menggambarkan suatu hubungan, contohnya siswa menghitung massa rumus senyawa yang dihitung dengan menjumlahkan massa atom relatif dari atom-atom yang menyusun molekul senyawa itu.
4. Belajar aturan tingkat tinggi	Siswa mengkombinasikan aturan-aturan yang menjadi sub ordinat untuk memecahkan masalah.

(2) Strategi kognitif

Strategi Kognitif, yaitu kemampuan untuk memecahkan masalah-masalah baru dengan jalan mengatur proses internal masing-masing individu dalam memperhatikan, belajar, mengingat dan berpikir.

Sebagai contoh apabila siswa menggunakan metode kata kunci untuk mengingat arti dari istilah-istilah dalam biologi, maka siswa akan menggunakan strategi kognitif untuk pengkodean informasi tersebut.

Kondisi belajar yang harus diperhatikan ketika proses belajar adalah sebagai berikut.

- Siswa harus memiliki beberapa materi atau masalah untuk dapat bekerja sehingga dapat dilatihkan.



- Siswa harus mendapat kejelasan dari deskripsi strategi yang memungkinkan dipilih.
- Siswa harus berlatih strategi kognitif dalam berbagai situasi dan dengan permasalahan baru.

(3) Informasi verbal

Informasi verbal, yaitu kemampuan untuk mendeskripsikan sesuatu dengan kata-kata dengan jalan mengatur informasi-informasi yang relevan. Kondisi *internal* yang harus diperhatikan guru adalah bahwa siswa harus memiliki suatu kumpulan pengetahuan yang terorganisasi (struktur kognitif) dan strategi-strategi untuk memproses (*encoding*) informasi baru. Sedangkan kondisi *eksternal* yang harus diperhatikan guru antara lain adalah tujuan belajar informasi verbal harus jelas dan materi baru harus disajikan secara bermakna, sehingga siswa dapat memprosesnya.

(4) Keterampilan motorik

Keterampilan motorik, yaitu kemampuan untuk melaksanakan dan mengkoordinasikan gerakan-gerakan yang berhubungan dengan otot.

Dalam keterampilan motorik, terdapat dua komponen, yaitu komponen pertama adalah aturan yang menggambarkan bagaimana membuat gerakan, sedangkan komponen kedua adalah memperagakan gerakan itu sendiri, misalnya menggunakan mikroskop.

Kondisi belajar yang harus diperhatikan guru, adalah:

- memberikan arahan, seringkali dalam bentuk verbal, penjelasan urutan dari langkah-langkah suatu kegiatan/gerakan.
- memberikan umpan balik yang segera terhadap penampilan yang tepat yang telah diperagakan siswa.
- memberikan latihan sesering mungkin untuk menanggulangi gerakan

(5) Sikap

Sikap, yaitu suatu kemampuan internal yang mempengaruhi tingkah laku seseorang, dan didasari oleh emosi, kepercayaan-kepercayaan serta faktor intelektual. Belajar menurut Gagne tidak merupakan sesuatu yang terjadi secara alamiah, tetapi hanya akan terjadi dengan adanya kondisi tertentu, yaitu *kondisi internal* dan *kondisi eksternal*. Kondisi internal, antara lain yang menyangkut kesiapan siswa dan apa yang telah dipelajari sebelumnya (prerequisit), sedangkan kondisi eksternal merupakan situasi belajar dan



penyajian stimulus yang secara sengaja diatur oleh guru dengan tujuan memperlancar proses belajar. Tiap-tiap jenis hasil belajar tersebut di atas memerlukan kondisi-kondisi tertentu yang perlu diatur dan dikontrol.

Tabel 1.2. Perbandingan Teori Belajar Piaget, Bruner, Ausubel

PIAGET	BRUNER	AUSUBEL
Proses belajar terjadi menurut pola tahap-tahap perkembangan tertentu sesuai umur pebelajar	Proses belajar terjadi lebih ditentukan oleh cara kita mengatur materi pelajaran, dan bukan ditentukan oleh umur pebelajar	Proses belajar terjadi bila pebelajar mampu mengasimilasikan pengetahuan yang dia miliki dengan pengetahuan yang baru
Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap	Proses belajar terjadi melalui tahap-tahap
Asimilasi (proses penyesuaian pengetahuan baru dengan struktur kognitif pebelajar)	Enaktif (aktivitas pebelajar untuk memahami lingkungan)	Memperhatikan stimulus yang diberikan
Akomodasi (proses penyesuaian struktur kognitif pebelajar dengan pengetahuan baru)	Ikonik (pebelajar melihat dunia melalui gambar-gambar dan visualisasi verbal)	Memahami makna stimulus
Equilibrasi (proses penyeimbangan mental setelah terjadi proses asimilasi/akomodasi)	Simbolik (pebelajar memahami gagasan-gagasan abstrak)	Menyimpan dan menggunakan informasi yang sudah dipahami

3) Konstruktivisme

Menurut pandangan *konstruktivisme* pengetahuan yang dimiliki oleh setiap individu adalah hasil konstruksi secara aktif dari individu itu sendiri. Individu tidak sekedar mengimitasi dan membentuk bayangan dari apa yang diamati atau diajarkan guru, tetapi secara aktif individu itu menyeleksi, menyaring, memberi arti dan menguji kebenaran atas informasi yang diterimanya (Indrawati, 2000:34). Pengetahuan yang dikonstruksi individu merupakan hasil interpretasi yang bersangkutan terhadap peristiwa atau informasi yang diterimanya. Para pendukung konstruktivisme berpendapat bahwa pengertian yang dibangun setiap



individu siswa*) dapat berbeda dari apa yang diajarkan guru (Bodner, (1987) dalam Indrawati, 2000: 34). Lain halnya dengan Paul Suparno (1997: 6) mengemukakan bahwa menurut konstruktivis, belajar itu merupakan proses aktif pembelajar mengkonstruksi arti (teks, dialog, pengalaman fisis, dan lain-lain). Belajar juga merupakan proses mengasimilasi dan menghubungkan pengalaman atau bahan yang dipelajari dengan pengertian yang sudah dipunyai seseorang sehingga pengertiannya dikembangkan (Indrawati, 2000: 34).

Beberapa ciri proses belajar konstruktivisme:

1. Belajar berarti membentuk makna.
2. Konstruksi artinya adalah proses yang terus menerus.
3. Belajar bukanlah kegiatan mengumpulkan fakta melainkan lebih dari itu, yaitu pengembangan pemikiran dengan membuat pengertian baru.
4. Proses belajar yang sebenarnya terjadi pada waktu skema seseorang dalam keraguan yang merangsang pemikiran lebih lanjut. Situasi ketidakseimbangan adalah situasi yang baik untuk memacu belajar.
5. Hasil belajar dipengaruhi oleh pengalaman pembelajar dengan dunia fisik lingkungannya.
6. Hasil belajar seseorang tergantung pada apa yang telah diketahui si pembelajar (konsep, tujuan, motivasi) yang mempengaruhi interaksi dengan bahan yang pelajari (Paul Suparno, 1997: 61, dalam Indrawati, 2000: 34-35)

Dengan memahami pandangan konstruktivisme, maka karakteristik iklim pembelajaran yang sesuai adalah:

- Siswa tidak dipandang sebagai sesuatu yang pasif, melainkan individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
- Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
- Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.

Iklim pembelajaran di atas menuntut para guru untuk:

- a. Mengetahui dan mempertimbangkan pengetahuan awal siswa (apersepsi),
- b. Melibatkan siswa dalam kegiatan aktif (*student centre*),



- c. Memperhatikan interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok.

D. Aktivitas Pembelajaran

Untuk lebih memahami tentang teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran Anda dapat membaca berbagai artikel, handout atau sumber bacaan yang lebih lengkap, setelah itu lakukan kegiatan berikut sesuai lembar kegiatan yang tersedia

Lembar Kegiatan 1.

Teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran

Tujuan Kegiatan

Melalui diskusi kelompok peserta mampu membedakan pengertian istilah Teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran

Langkah Kegiatan

1. Pelajari *hand out* tentang teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran
2. Isilah lembar kerja yang tersedia dengan pengertian teori, model, pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran secara singkat
3. Berikan contohnya sesuai dengan pembelajaran IPA
4. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
5. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

Format

	Teori	Model	Pendekatan	Metode	Strategi	Teknik
Pengertian						
Contoh						

**Lembar Kegiatan 2.**

Teori-teori Belajar

Tujuan Kegiatan

Melalui diskusi kelompok peserta mampu mendeskripsikan jenis-jenis teori belajar sesuai dengan pembelajaran IPA.

Langkah Kegiatan

1. Pelajari hand out tentang teori belajar
2. Isilah lembar kerja yang tersedia sesuai intruksi kerjanya
3. Berikan contohnya sesuai dengan pembelajaran Biologi
4. Setelah selesai, presentasikan hasil diskusi kelompok Anda!
5. Perbaiki hasil kerja kelompok Anda jika ada masukan dari kelompok lain!

No	Teori Belajar	Uraian singkat	Penerapan pada konsep Biologi

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Cara pandang guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran dikenal dengan istilah....
 - A. metode pembelajaran
 - B. pendekatan pembelajaran
 - C. teknik mengajar
 - D. strategi mengajar
2. Model pembelajaran merupakan gambaran yang utuh tentang
 - A. langkah-langkah kegiatan guru
 - B. interaksi siswa dan sumber belajar
 - C. penyajian bahan pembelajaran
 - D. bagaimana siswa belajar



3. Suatu model pembelajaran memiliki karakteristik
 - A. adanya tahapan pembelajaran, sistem sosial, prinsip reaksi, sistem pendukung, dampak pembelajaran
 - B. adanya metode yang digunakan, sarana pendukung, kriteria penampilan siswa, dan dampak pembelajaran,
 - C. prosedur ilmiah, kriteria model, kriteria siswa, dan spesifikasi lingkungan belajar
 - D. interaksi guru dengan siswa, sistem sosial, prinsip reaksi, dan sarana pendukung

4. Jika Anda akan mengajarkan siswa Anda bagaimana cara memperoleh konsep dan menggunakannya, pendekatan yang cocok digunakan adalah pendekatan....
 - A. konsep
 - B. lingkungan
 - C. keterampilan proses
 - D. sains-teknologi-masyarakat

5. Keunggulan Metode Ceramah adalah
 - A. dapat menyampaikan materi lebih banyak dibandingkan dengan metode metode yang lain
 - B. dapat menggunakan berbagai alat peraga dan pengembangan konsep terarah
 - C. guru dapat mengontrol siswa dan membimbing siswa dengan leluasa
 - D. guru dapat mengontrol waktu sehingga pencapaian tujuan lebih efektif

F. Rangkuman

Pembelajaran diartikan sebagai proses belajar mengajar. Dalam konteks pembelajaran terdapat dua komponen penting, yaitu guru dan siswa yang saling berinteraksi.

Pendekatan merupakan cara pandang yang digunakan guru terhadap permasalahan yang dihadapi dalam pembelajaran.



Strategi pembelajaran mencakup rencana, metode, dan perangkat kegiatan yang direncanakan untuk mencapai tujuan pendidikan tertentu.

Model Pembelajaran adalah pola pembelajaran yang mendeskripsikan kegiatan guru-siswa di dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya belajar pada siswa.

Metode dalam konteks pendidikan adalah kumpulan prinsip yang terkordinir untuk melaksanakan pembelajaran, sedangkan dalam konteks pembelajaran, metode diartikan sebagai cara-cara menyajikan suatu bahan pelajaran pada situasi tertentu.

Teknik mengajar menyangkut hal-hal yang spesifik yang dilakukan guru dalam mengelola pembelajaran. Belajar sebagai salah satu bentuk aktivitas manusia telah dipelajari oleh para ahli sejak lama. Berbagai upaya untuk menjelaskan prinsip-prinsip belajar telah melahirkan teori belajar. Ada tiga kategori utama atau kerangka filosofis mengenai teori-teori belajar, yaitu: teori belajar behaviorisme, teori belajar kognitivisme, dan teori belajar konstruktivisme. Teori belajar behaviorisme hanya berfokus pada aspek objektif diamati pembelajaran. Teori kognitif melihat perilaku untuk menjelaskan pembelajaran berbasis otak. Sedangkan teori konstruktivisme atau pandangan konstruktivisme, belajar sebagai sebuah proses di mana pelajar aktif membangun atau membangun ide-ide baru atau konsep.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah menyelesaikan soal latihan ini, Anda dapat memperkirakan tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silakan Anda terus mempelajari Kegiatan Pembelajaran berikutnya, namun jika Anda menganggap pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali kegiatan pembelajaran ini.

KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

Teori Belajar

1	2	3	4	5
B	C	A	A	A



EVALUASI

1. Salah satu teori belajar yang dirujuk saat ini adalah teori konstruktivisme. Prinsip pembelajaran konstruktivisme, siswa ...
 - A. membangun pemahaman oleh diri sendiri dari pengalaman-pengalaman baru berdasarkan pada pengalaman sebelumnya
 - B. bekerjasama dengan orang lain untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerja sama
 - C. belajar bertanggungjawab melalui kegiatan eksplorasi dan sosialisasi
 - D. bekerjasama dengan orang lain untuk menciptakan pembelajaran adalah lebih baik dibandingkan dengan belajar sendiri.
2. Periode Operasi Konkrit terdapat pada anak pada rentang usia....
 - A. 11,0 - > 15 tahun
 - B. 7,0 -11,0 tahun
 - C. 2,0 – 7,0 tahun
 - D. 0 – 2,0 tahun
3. Banyak definisi belajar yang dikemukakan pada pakar pendidikan, salah satunya adalah proses belajar akan terjadi jika mengikuti tahap-tahap asimilasi, akomodasi dan ekuilibrasi (penyeimbangan antara proses asimilasi dan akomodasi).Teori tersebut adalah pendapat....
 - A. Gagne
 - B. Piaget
 - C. Ausubel
 - D. Bandura



4. Dalam teori belajar menurut Peaget ada suatu proses yaitu proses penyesuaian struktur kognitif pembelajar dengan pengetahuan baru. Nama proses tersebut adalah....
 - A. Enaktif
 - B. Asimilasi
 - C. Akomodasi
 - D. Equilibrasi

5. Berikut ini iklim pembelajaran yang sesuai dengan pandangan konstruktivisme *kecuali*....
 - A. Siswa dipandang sebagai individu yang memiliki tujuan serta dapat merespon situasi pembelajaran berdasarkan konsepsi awal yang dimilikinya.
 - B. Guru hendaknya melibatkan proses aktif dalam pembelajaran yang memungkinkan siswa mengkonstruksi pengetahuannya.
 - C. Pengetahuan bukanlah sesuatu yang datang dari luar, melainkan melalui seleksi secara personal dan sosial.
 - D. Tidak perlu interaksi sosial dengan melibatkan siswa dalam diskusi kelas maupun kelompok

6. IPA diperlukan dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan manusia melalui pemecahan masalah-masalah yang dapat diidentifikasi. Pada hakikatnya IPA terdiri dari tiga komponen, yaitu
 - A. sikap ilmiah, proses ilmiah, dan produk ilmiah
 - B. inkuiri ilmiah, proses ilmiah, dan produk ilmiah
 - C. inkuiri ilmiah, sikap ilmiah, dan produk ilmiah
 - D. sikap ilmiah, proses ilmiah dan fakta ilmiah

7. Penyajian materi pada pembelajaran konstruktivisme biasanya diawali dengan mengetahui
 - A. prasyarat pengetahuan siswa
 - B. pekerjaan rumah siswa
 - C. konsepsi awal siswa
 - D. hasil diskusi siswa



8. Salah satu teori belajar yang dirujuk saat ini adalah teori konstruktivisme. Prinsip pembelajaran konstruktivisme, siswa
- A. membangun pemahaman oleh diri sendiri dari pengalaman-pengalaman baru berdasarkan pada pengalaman sebelumnya
 - B. bekerjasama dengan orang lain untuk mengembangkan kemampuan berkomunikasi dan kerja sama
 - C. belajar bertanggungjawab melalui kegiatan eksplorasi dan sosialisasi
 - D. bekerjasama dengan orang lain untuk menciptakan pembelajaran adalah lebih baik dibandingkan dengan belajar sendiri.
9. Dalam teori belajar menurut Peaget ada suatu proses yaitu proses penyesuaian struktur kognitif pembelajar dengan pengetahuan baru. Nama proses tersebut adalah....
- A. Enaktif
 - B. Asimilasi
 - C. Akomodasi
 - D. Equilibrasi
10. Periode Operasi Konkrit terdapat pada anak pada rentang usia....
- A. 11,0 - > 15 tahun
 - B. 7,0 -11,0 tahun
 - C. 2,0 – 7,0 tahun
 - D. 0 – 2,0 tahun



PENUTUP

Modul Pedagogik Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi B yang berjudul Teori Belajar dan Implementasinya dalam Pembelajaran IPA disiapkan untuk guru pada kegiatan diklat baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogik yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi B. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan diklat ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan dsb. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta diklat dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan diklat.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi B ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- BNSP. 2006. *Standar Kompetensi Mata pelajaran IPA untuk SD/MI*. Jakarta: BNSP.
- Donald R, Daugs and Jay A. Monson. 2006. *Science, Technology, and Society A Primer For Elementary Teachers*. Logan: Utah State University.
- Friedl, Alfred E. 1986. *Teaching Science to Children: An Integrated Approach*. New York: Random House.
- Indrawati. 2007. *Teori Pembelajaran Pemrosesan Informasi*. Bandung: PPPG IPA.
- Joyce and Weil. 1986. *Models of Teaching Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- . 1992. *Models of Teaching* Fourt Edition. Boston: Allyb and Bacon.
- Syaiful Sagala. 2005. *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Tobing, Rangke L , Setia Adi, Hinduan. 1990. *Model-Model Mengajar Metodik Khusus Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam Sekolah Dasar*. makalah dalam penataran Calon Penatar Dosen Pendidikan Guru SD (Program D-II).
- Wilkins, Robert A. 1990. *Model Lessons Bridging the gap between models of teaching and classroom application*. Curtin University of Technology.

[https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_theory_\(education\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Learning_theory_(education)). Last update Desember2015

<http://teachinglearningresources.pbworks.com/w/page/19919565/Learning%20Theories>. Last update Desember2015



GLOSARIUM

Advance organizer	: tahap penyajian awal pada proses pembelajaran yang membantu guru agar metode ceramah yang digunakannya lebih bermakna.
Adaptasi	: apabila terjadi kesetimbangan dalam struktur kognitif.
Akomodasi	: terjadi apabila pengetahuan baru bertolak belakang dengan pengetahuan yang telah ada.
Asimilasi	: terjadi apabila pengetahuan yang baru diperoleh langsung diserap karena sejalan dengan pengetahuan yang sudah ada.
Behavioristik	: adalah teori belajar yang berdasarkan pada perubahan tingkah laku.
Belajar	: dalam arti umum adalah upaya untuk memperoleh suatu ilmu.
Ekuilibrium	: adalah penyeimbangan antara asimilasi dan akomodasi.
Fase	: tahap kegiatan.
Kognitif	: sesuatu yang diperoleh melalui proses berpikir.
<i>Punisher</i>	: adalah konsekuensi yang tidak menyenangkan (hukuman).
<i>Reinforcer</i>	: adalah konsekuensi yang menyenangkan (penguatan).
Respon	: apa yang dihasilkan siswa sebagai akibat stimulus yang diberikan oleh guru.
Stimulus	: rangsangan yang diberikan guru dalam pembelajaran untuk mencapai tujuan.
Strategi pembelajaran	: suatu rencana pembelajaran yang memperlihatkan urutan kegiatan/fase pembelajaran.





**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

KLASIFIKASI, ORGAN TUMBUHAN, BIOSEL DAN SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Penulis:

Arief Husein Maulani, M.Si., dkk.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

KLASIFIKASI, ORGAN TUMBUHAN, BIOSEL, SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Penulis:

Arief Husein Maulani, M.Si., dkk.



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

MATA PELAJARAN BIOLOGI
SEKOLAH MENENGAH ATAS (SMA)

KELOMPOK KOMPETENSI B

KLASIFIKASI, ORGAN TUMBUHAN, BIOSEL, SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Penanggung Jawab

Dr. Sediono Abdullah

Penulis

Arief Husein Maulani, M.Si.

022-4231191 maula02@yahoo.com

Nina Soesanti, S.Si., M.Pd.

022-4231191 ninasoesanti@gmail.com

Zaenal Arifin, M.Si.

022-4231191 zaenal.p4tkipa@gmail.com

Drs. Basor Suhada, M.Ed.

022-4231191 basorsuhada@gmail.com

Eka Danti Agustiani, M.Si.

022-4231191 kadantiani@gmail.com

Penyunting

Dr. Dedi Herawadi

Penelaah

Dr. Riandi

Dr. Sri Anggraeni, M.Si.

Dr. Soni Suhandono

Dra. Tati Hermawati, M.Si.

Drs. Triastono Imam P., M.Pd.

Penata Letak

Octy Viali Zahara, S.Pd.

Copyright ©2016

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan

Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan

Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Dilarang menggandakan sebagian atau keseluruhan isi buku ini untuk kepentingan komersial tanpa izin tertulis dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

KATA SAMBUTAN

Peran guru profesional dalam proses pembelajaran sangat penting sebagai kunci keberhasilan belajar siswa. Guru profesional adalah guru yang kompeten membangun proses pembelajaran yang baik sehingga dapat menghasilkan pendidikan yang berkualitas. Hal tersebut menjadikan guru sebagai komponen yang menjadi fokus perhatian pemerintah pusat maupun pemerintah daerah dalam peningkatan mutu pendidikan terutama menyangkut kompetensi guru.

Pengembangan profesionalitas guru melalui program Guru Pembelajar merupakan upaya peningkatan kompetensi untuk semua guru. Sejalan dengan hal tersebut, pemetaan kompetensi guru telah dilakukan melalui uji kompetensi guru (UKG) untuk kompetensi pedagogi dan profesional pada akhir tahun 2015. Hasil UKG menunjukkan peta kekuatan dan kelemahan kompetensi guru dalam penguasaan pengetahuan. Peta kompetensi guru tersebut dikelompokkan menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Tindak lanjut pelaksanaan UKG diwujudkan dalam bentuk pelatihan guru paska UKG melalui program Guru Pembelajar. Tujuannya untuk meningkatkan kompetensi guru sebagai agen perubahan dan sumber belajar utama bagi peserta didik. Program Guru Pembelajar dilaksanakan melalui pola tatap muka, dalam jaringan atau daring (*online*), dan campuran (*blended*) tatap muka dengan online.

Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan (PPPPTK), Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Kelautan dan Perikanan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LP3TK KPTK), dan Lembaga Pengembangan dan Pemberdayaan Kepala Sekolah (LP2KS) merupakan Unit Pelaksana Teknis di lingkungan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan yang bertanggung jawab dalam mengembangkan perangkat dan melaksanakan peningkatan kompetensi guru sesuai bidangnya. Adapun perangkat pembelajaran yang dikembangkan tersebut



adalah modul untuk program Guru Pembelajar tatap muka dan Guru Pembelajar online untuk semua mata pelajaran dan kelompok kompetensi. Dengan modul ini diharapkan program Guru Pembelajar memberikan sumbangan yang sangat besar dalam peningkatan kualitas kompetensi guru.

Mari kita sukseskan program Guru Pembelajar ini untuk mewujudkan “Guru Mulia Karena Karya.”

Jakarta, Februari 2016

Direktur Jenderal

Guru dan Tenaga Kependidikan

Sumarna Surapranata, Ph.D.

NIP. 195908011985031002

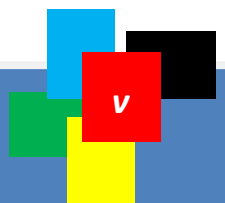
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas selesainya Modul Guru Pembelajar Mata Pelajaran IPA SMP, Fisika SMA, Kimia SMA dan Biologi SMA. Modul ini merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang dapat digunakan guru untuk belajar lebih mandiri dan aktif.

Modul Guru Pembelajar disusun dalam rangka fasilitasi program peningkatan kompetensi guru paska UKG yang telah diselenggarakan oleh Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan. Materi modul dikembangkan berdasarkan Standar Kompetensi Guru sesuai Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru yang dijabarkan menjadi Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Modul Guru Pembelajar untuk masing-masing mata pelajaran dijabarkan ke dalam 10 (sepuluh) kelompok kompetensi. Materi pada masing-masing modul kelompok kompetensi berisi materi kompetensi pedagogi dan kompetensi profesional guru mata pelajaran, uraian materi, tugas, dan kegiatan pembelajaran, serta diakhiri dengan evaluasi dan uji diri untuk mengetahui ketuntasan belajar. Bahan pengayaan dan pendalaman materi dimasukkan pada beberapa modul untuk mengakomodasi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta kegunaan dan aplikasinya dalam pembelajaran maupun kehidupan sehari-hari.

Modul ini telah ditelaah dan direvisi oleh tim, baik internal maupun eksternal (praktisi, pakar, dan para pengguna). Namun demikian, kami masih berharap kepada para penelaah dan pengguna untuk selalu memberikan masukan dan penyempurnaan sesuai kebutuhan dan perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terkini.





Besar harapan kami kiranya kritik, saran, dan masukan untuk lebih menyempurnakan isi materi serta sistematika modul dapat disampaikan ke PPPPTK IPA untuk perbaikan edisi yang akan datang. Masukan-masukan dapat dikirimkan melalui email para penyusun modul atau ke: p4tkipa@yahoo.com.

Akhirnya kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para pengarah dari jajaran Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan, Manajemen, Widyaiswara, Staf PPPPTK IPA, Dosen, Guru, dan Kepala Sekolah serta Pengawas Sekolah yang telah berpartisipasi dalam penyelesaian modul ini. Semoga peran serta dan kontribusi Bapak dan Ibu semuanya dapat memberikan nilai tambah dan manfaat dalam peningkatan kompetensi guru IPA di Indonesia.

Bandung, April 2016
Kepala PPPPTK IPA,

Dr. Sediono, M.Si.
NIP. 195909021983031002





DAFTAR ISI

	Hal
KATA SAMBUTAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x

PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	2
C. Peta Kompetensi	2
D. Ruang Lingkup	4
E. Cara Penggunaan Modul	4

KEGIATAN PEMBELAJARAN	
I. KLASIFIKASI	7
A. Tujuan	7
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	7
C. Uraian Materi	7
D. Aktivitas Pembelajaran	31
E. Latihan/Kasus/Tugas	34
F. Rangkuman	35
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	36
II. ORGAN TUMBUHAN	37
A. Tujuan	37
B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	37
C. Uraian Materi	38
D. Aktivitas Pembelajaran	57
E. Latihan/Kasus/Tugas	60
F. Rangkuman	61
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	62



III.	BIOSEL	63
	A. Tujuan	64
	B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	65
	C. Uraian Materi	65
	D. Aktivitas Pembelajaran	125
	E. Latihan/Kasus/Tugas	133
	F. Rangkuman	137
	G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	137
IV.	SISTEM PENCERNAAN MANUSIA	139
	A. Tujuan	139
	B. Indikator Ketercapaian Kompetensi	139
	C. Uraian Materi	140
	D. Aktivitas Pembelajaran	149
	E. Latihan/Kasus/Tugas	150
	F. Rangkuman	151
	G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut	152
KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS		155
EVALUASI		157
PENUTUP		163
DAFTAR PUSTAKA		165
GLOSARIUM		171



DAFTAR TABEL

		Hal
Tabel 1	Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru	2
Tabel 3.1	Perbedaan Sel Tumbuhan dan Sel hewan	75
Tabel 3.2	Riwayat penemuan protoplasma	77
Tabel 3.3	Perbedaan larutan, koloid dan suspensi	79
Tabel 3.4	Komposisi senyawa organik dan anorganik pada protoplasma	82
Tabel 3.5	Perbandingan kandungan unsur-unsur pada protoplasma dengan kulit bumi	82
Tabel 3.6	Berbagai jenis Unsur dalam protoplasma beserta fungsinya	84
Tabel 3.7	Perbedaan AND dan ARN	99
Tabel 3.8	Menunjukkan jenis-jenis transportasi pasif dan aktif melalui membran sel	112
Tabel 3.9	Perbandingan antara sifat mikrotubula, mikrofilamen dan filamen intermediet	120
Tabel 4.1	Variasi indeks massa tubuh pada manusia	142



DAFTAR GAMBAR

		Hal
Gambar 1	Cara Penggunaan Modul	4
Gambar 1.1	Situasi pasar tradisional dan swalayan	8
Gambar 1.2	Sejarah perkembangan system klasifikasi makhluk hidup	10
Gambar 1.3	Model kunci determinasi dikotom	14
Gambar 1.4	Diagram filogenetik tumbuhan	16
Gambar 1.5	<i>Marchantia polymorpha</i>	17
Gambar 1.6	Lumut Tanduk	18
Gambar 1.7	Diagram Lumut Daun	18
Gambar 1.8	Lumut daun pada permukaan batu yang lembab	19
Gambar 1.9	Lycopodium sp. (A.); Selaginella sp. (B.); dan Isoetes (C.)	20
Gambar 1.10	Paku Tiang (<i>Cyathea contaminans</i>)	21
Gambar 1.11	Paku ekor kuda, <i>Equisetum</i> sp.	21
Gambar 1.12	<i>Psilotum</i> sp.	22
Gambar 1.13	Perbandingan Gametofit – Sporofit pada lumut, paku, dan tumbuhan berbiji	23
Gambar 1.14	Pakis Haji (<i>Cycas rhumpii</i>)	24
Gambar 1.15	<i>Ginkgo biloba</i>	24
Gambar 1.16	Melinjo (<i>Gnetum gnemon</i>)	25



Gambar 1.17	Variasi bentuk buah. Mahoni (a); Pacar Air (b); dan Dandelion (c)	26
Gambar 1.18	<i>Nymphaea caerulea</i> (Nymphaeales)	27
Gambar 1.19	Bunga Lawang, <i>Illicium verum</i> (Austrobaileyales)	27
Gambar 1.20	Alpukat (<i>Persea americana</i>)	28
Gambar 1.21	Perbedaan karakter dari Monocot dan Eudicot	29
Gambar 1.22	Diagram Filogeni Angiospernae	30
Gambar 2.1	Bagian-bagian akar tumbuhan	38
Gambar 2.2	Akar napas pada <i>Avicennia</i> sp (Kayu api) yang mencuat dari bawah menuju ke atas permukaan air/tanah	40
Gambar 2.3	Akar udara (<i>aerial root</i>) pada <i>Ficus benjamina</i> (Beringin) yang menjuntai ke bawah	41
Gambar 2.4	Akar pembelit pada tumbuhan Vanili (<i>Vanilla planifolia</i>)	41
Gambar 2.5	Tumbuhan Tali Putri (<i>Cassytha filiformis</i>) yang bersifat parasit, berupa sulur-sulur panjang berwarna kuning dan bisa mematikan inangnya.	42
Gambar 2.6	Akar papan pada tumbuhan Beringin (<i>Ficus</i> sp) atau Kenari (<i>Canarium</i> sp.)	42
Gambar 2.7	Akar tunjang pada tumbuhan Pandan (<i>Pandanus tectorius</i>)	43
Gambar 2.8	Diagram skematik penampang melintang akar	43
Gambar 2.9	Jahe sebagai contoh modifikasi batang rhizoma	46
Gambar 2.10	Kentang yang merupakan umbi batang	46
Gambar 2.11	geragih pada strawberi	47
Gambar 2.12	Bonggol pisang	47
Gambar 2.13	Batang Tumbuhan	47



Gambar 2.14	Penampang melintang batang dikotil dan monokotil	48
Gambar 2.15	Duri pada tumbuhan kaktus	49
Gambar 2.16	Sulur dari tumbuhan kacang yang terkait pada sebuah batang	50
Gambar 2.17	Tumbuhan sukulen yang daunnya dapat berfungsi untuk menyimpan air	50
Gambar 2.18	Daun <i>Kalanchoe daigremontiana</i>	51
Gambar 2.19	Daun Kastuba (<i>Euphorbia pulcerrima</i>)	51
Gambar 2.20	Daun pelindung (seludang bunga/spatha) pada famili Araceae	51
Gambar 2.21	Bagian-bagian bunga	53
Gambar 2.22	Anatomi buah	54
Gambar 2.23	Buah jeruk	55
Gambar 2.24	Buah sirsak	55
Gambar 2.25	Buah nanas	55
Gambar 2.26	Buah Dandelion	56
Gambar 2.27	Buah Maple	56
Gambar 2.28	Buah Cocklebur	57
Gambar 2.29	Buah tomat	57
Gambar 3.1	Zacharias Jansen dan mikroskop buatannya	66
Gambar 3.2	Robert Hooke dan Mikroskop yang digunakannya untuk mengamati sayatan gabus	66
Gambar 3.3	Sayatan gabus (kiri) yang diamati oleh Hooke	66
Gambar 3.4	Antonio von Leeuwenhoek dengan mikroskop sederhana yang digunakannya	67
Gambar 3.5	Robert Brown dengan mikroskop yang digunakannya ketika Menemukan inti sel dalam sayatan epidermis anggrek	67
Gambar 3.6	Mathias J. Schleiden	68



Gambar 3.7	Theodor Schwann	68
Gambar 3.8	Rudolf K Virchow	69
Gambar 3.9	Berbagai jenis sel pada epitel bawang, epitel pipi dan sel gabus	71
Gambar 3.10	Berbagai bentuk teoritis protoplasma	78
Gambar 3.11	Proses Pembentukan dan pemecahan maltosa	89
Gambar 3.12	Struktur adenosin trifosfat (ATP)	99
Gambar 3.13	Gambar Model pertama Davson-Danielli yang diilustrasikan oleh Singer (1992)	104
Gambar 3.14	Perbandingan Model Fluida Membran menurut Davson-Danielli dan Singer-Nicolson	105
Gambar 3.15	Model Membran Fluida Mosaik dari Singer dan Nicholson	105
Gambar 3.16	Gerakan fosfolipid yang spontan terjadi secara lateral dan flip-flop	106
Gambar 3.17	Struktur Fosfolipid dalam membran (a) yang mengandung bagian hidrofobik (menolak air) dan hidrofilik (menerima air)	106
Gambar 3.18	Bentuk biyaler fosfolipid terbentuk akibat adanya bagian polar yang hidrofilik dan bagian non polar yang hidrofobik	107
Gambar 3.19	Protein channel dan protein carrier	108
Gambar 3.20	Sebuah protein membran yang berfungsi sebagai enzim dalam sebuah reaksi metabolisme dalam sel	109
Gambar 3.21	Protein membran yang berfungsi sebagai reseptor sebuah sinyal dari luar sel dan ditransduksikan ke dalam sel melalui protein membrane	109
Gambar 3.22	Beberapa protein membran memiliki bagian khusus dari senyawa karbohidrat (gliko)	110
Gambar 3.23	Sel-sel dalam jaringan memiliki hubungan antar sel	110
Gambar 3.24	Mikrofilament dari sitoskeleton berikatan secara non kovalen terhadap protein membran	110



Gambar 3.25	Anatomi Membran Cell	111
Gambar 3.26	Proses pergerakan molekul gula dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi	113
Gambar 3.27	Difusi difasilitasi terjadi karena adanya bantuan molekul protein membran ketika membawa molekul dari satu sisi ke sisi lain	113
Gambar 3.28	Difusi air dari larutan konsentrasi rendah menuju larutan dengan konsentrasi tinggi (larutan urea)	114
Gambar 3.29	Transport Aktif, perpindahan molekul melawan gradient konsentrasi dengan menggunakan energi	114
Gambar 3.30	Bagan perbedaan transport pasif dan transport aktif	115
Gambar 3.31	Pergerakan molekul-molekul besar yang tidak bisa melewati membrane langsung dilakukan dengan cara eksositosis dan endositosis	116
Gambar 3.32	Struktur mikrotubul helikal	118
Gambar 3.33	Struktur silia dan flagel	118
Gambar 3.34	Proses sintesis kolagen	123
Gambar 3.35	Struktur Proteoglikan tipe kartilago	124
Gambar 4.1	Piramida gizi seimbang	140
Gambar 4.2	Sistem Pencernaan Manusia	144



PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Guru saat ini menjadi sebuah profesi yang menuntut pelakunya untuk terus belajar dan mengembangkan diri. Tidak hanya menjadi tuntutan profesi, akan tetapi juga tuntutan dari peraturan menteri Pendidikan agar profesi guru menjalankan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya. Modul Diklat Guru Pembelajar pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Untuk membantu guru meningkatkan kompetensi profesional dan pedagogik disusun modul diklat Guru Pembelajar yang terbagi atas 10 Kelompok Kompetensi (KK).

Modul ini merupakan Modul Diklat Guru Pembelajar KK B yang digunakan pada diklat Guru Pembelajar KK B. Modul ini dapat digunakan dengan baik pada diklat tatap muka maupun diklat *on line*. Selain terdapat pembahasan materi pedagogi di setiap modul, terdapat pula materi profesional yang membidik kompetensi profesional guru. Modul KK B bagi guru Biologi berisi beberapa materi bahasan standar kompetensi guru (SKG) yang telah ditetapkan didalam pemetaan Standar Kompetensi Guru Biologi. Materi profesional dalam modul ini antara lain adalah Klasifikasi Makhluk Hidup, Organ Tumbuhan, Biologi sel, dan Sistem Pencernaan. Setiap materi diklat ini dikemas dalam suatu kegiatan pembelajaran yang meliputi: Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut dan Kunci Jawaban.



B. Tujuan

Setelah melaksanakan pembelajaran dalam modul ini, peserta diklat diharapkan dapat :

1. Menjelaskan keterkaitan antara faktor-faktor penyebab dengan tingkat keanekaragaman hayati, manfaat keanekaragaman hayati dalam kehidupan, upaya pelestarian keanekaragaman hayati, serta dasar-dasar klasifikasi keanekaragaman hayati
2. menjelaskan dengan benar struktur penyusun pada akar, batang, dan daun pada tumbuhan melalui pengamatan preparat tumbuhan
3. Menjelaskan perbedaan dan persamaan makhluk hidup dalam tingkat sel dengan tingkat jaringan dan organ
4. Menjelaskan komponen kimia yang membentuk struktur sel
5. Memahami struktur dan fungsi membran sel berkaitan dengan transportasi seluler
6. Memahami mekanisme pengaturan keluar masuk zat melalui membran
7. Memahami konsep keterkaitan antara nutrisi dan manfaatnya bagi tubuh

C. Peta Kompetensi

Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru Mata Pelajaran yang diharapkan setelah guru peserta diklat belajar dengan modul ini tercantum pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Kompetensi Inti dan Kompetensi Guru

Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Pencapaian Kompetensi
20.1. Memahami konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel.	<ol style="list-style-type: none">1. Menjelaskan konsep keanekaragaman hayati2. Menjelaskan konsep tingkat keanekaragaman hayati (genetik, jenis, hingga ekosistem)
20.2. Memahami proses berpikir biologi dalam mempelajari proses dan gejala alam.	<ol style="list-style-type: none">3. Mengidentifikasi pola sebaran keanekaragaman hayati di Indonesia (Orientalis, Peralihan, dan Australis)4. Menjelaskan manfaat keanekaragaman



	<p>hayati</p> <ol style="list-style-type: none">Menjelaskan faktor-faktor penurunan kehati danMengidentifikasi dampak penurunan kehatiMenjelaskan upaya-upaya konservasi sumber daya hayatiMenjelaskan sistem klasifikasi makhluk hidupMembuat kunci determinasi makhluk hidup sederhanaMenjelaskan pengertian jaringanMenjelaskan pengertian organMenjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi akar tumbuhanMenjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi pada batang tumbuhanMenjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi pada daun tumbuhanMenjelaskan perkembangan teori sel.Menjelaskan struktur sel tumbuhan dan sel hewanMembedakan sel tumbuhan dan sel hewanMenjelaskan struktur dan fungsi membran berdasarkan teori mosaik membranMenjelaskan struktur dan fungsi sitoskeleton pada sel
--	---



D. Ruang Lingkup

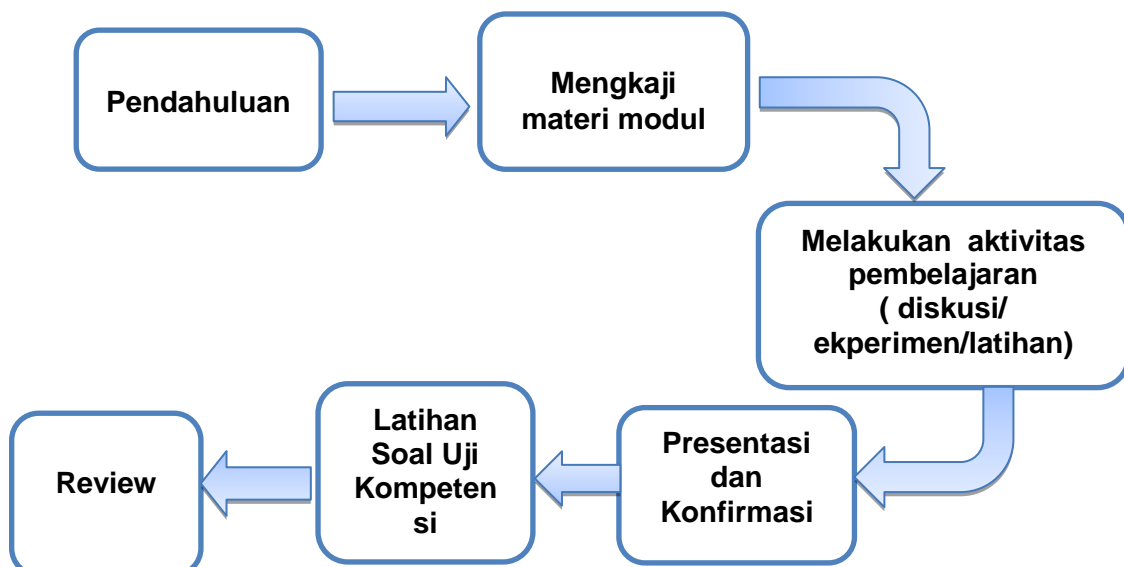
Ruang lingkup materi pada modul ini disusun dalam empat bagian, yaitu bagian Pendahuluan, Kegiatan Pembelajaran, Evaluasi dan Penutup. Bagian pendahuluan berisi paparan tentang latar belakang modul kelompok kompetensi B, tujuan belajar, kompetensi guru yang diharapkan dicapai setelah pembelajaran, ruang lingkup dan saran penggunaan modul. Bagian kegiatan pembelajaran berisi Tujuan, Indikator Pencapaian Kompetensi, Uraian Materi, Aktivitas Pembelajaran, Latihan/Kasus/Tugas, Rangkuman, Umpan Balik dan Tindak Lanjut. Bagian akhir terdiri dari Kunci Jawaban Latihan/Kasus/Tugas, Evaluasi dan Penutup.

Rincian materi pada modul adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi Makhluk Hidup
2. Organ Tumbuhan
3. Biologi Seluler
4. Sistem Pencernaan

E. Cara Penggunaan Modul

Cara penggunaan modul pada setiap Kegiatan Pembelajaran secara umum sesuai dengan skenario setiap penyajian mata diklat. Langkah-langkah belajar secara umum adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Cara Penggunaan Modul



Deskripsi Kegiatan

1. Pendahuluan

Pada kegiatan pendahuluan fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari :

- latar belakang yang memuat gambaran materi diklat
- tujuan penyusunan modul mencakup tujuan semua kegiatan pembelajaran setiap materi diklat
- kompetensi atau indikator yang akan dicapai atau ditingkatkan melalui modul.
- ruang lingkup materi kegiatan pembelajaran
- langkah-langkah penggunaan modul

2. Mengkaji materi diklat

Pada kegiatan ini fasilitator memberi kesempatan kepada peserta diklat untuk mempelajari materi diklat yang diuraikan secara singkat sesuai dengan indikator pencapaian hasil belajar. Peserta dapat mempelajari materi secara individual atau kelompok

3. Melakukan aktivitas pembelajaran

Pada kegiatan ini peserta melakukan kegiatan pembelajaran sesuai dengan rambu-rambu/intruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, melakukan eksperimen, latihan dan sebagainya.

Pada kegiatan ini peserta secara aktif menggali informasi, mengumpulkan data dan mengolah data sampai membuat kesimpulan kegiatan

4. Presentasi dan Konfirmasi

Pada kegiatan ini peserta melakukan presentasi hasil kegiatan sedangkan fasilitator melakukan konfirmasi terhadap materi dibahas bersama

5. Review Kegiatan

Pada kegiatan ini peserta dan penyaji mereview materi

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP

Pembelajaran ini membahas topik tentang klasifikasi makhluk hidup yang meliputi sistem klasifikasi, identifikasi makhluk hidup termasuk pembuatan kunci determinasi sederhana, serta sistem klasifikasi makhluk hidup yang diwakili oleh dunia tumbuhan. Pembelajaran ini sangat penting baik untuk guru maupun anak didiknya, agar dapat terbiasa dalam mengklasifikasikan berbagai objek ataupun fenomena-fenomena yang terjadi di lingkungan sekitar. Keterampilan mengklasifikasikan ini termasuk ke dalam salah satu keterampilan proses dalam pembelajaran IPA.

A. Tujuan

Menjelaskan dasar-dasar klasifikasi makhluk hidup, mengidentifikasi makhluk hidup, membuat kunci determinasi sederhana, serta sistem klasifikasi pada tumbuhan.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan dasar-dasar klasifikasi makhluk hidup
2. Membuat kunci determinasi makhluk hidup sederhana
3. Menjelaskan sistem klasifikasi pada tumbuhan

C. Uraian Materi

SISTEM KLASIFIKASI MAKHLUK HIDUP

Coba Saudara perhatikan Gambar 1.1. Pada gambar tersebut terdapat dua buah situasi yaitu pasar tradisional dan swalayan. Menurut Saudara apa perbedaan yang mencolok dari kedua situasi tersebut? Apa yang Saudara rasakan jika di swalayan situasinya seperti di pasar tradisional?



Gambar 1.1. Situasi pasar tradisional dan swalayan

(sumber: <http://nasional.kontan.co.id/> dan <http://health.usnews.com/>)

Perbedaan yang mendasar dari kedua situasi itu adalah adanya penataan yang teratur di pasar swalayan. Terlebih lagi di swalayan semua barang memiliki label nama dan harga. Keteraturan tersebut membuat urusan kita menjadi lebih mudah. Penataan barang di swalayan dilakukan dengan cara mengelompokkan semua barang berdasarkan jenisnya. Misalnya untuk golongan buah-buahan, ditempatkan di blok khusus, jenis-jenis pisang ditempatkan secara berdekatan, kemudian jenis-jenis pisang tersebut dipilah-pilah kembali berdasarkan variasinya, ada Pisang Kepok, Pisang Ambon, Pisang Tanduk, dan sebagainya. Masing-masing jenis tersebut diberi label nama dan harganya, sehingga kita sebagai pembeli tidak akan bingung untuk mencari jenis yang belum kita ketahui. Itulah manfaat pengelompokan yang dapat kita rasakan dalam kehidupan sehari-hari.

Pada konteks keanekaragaman hayati, pengelompokan pun sangat perlu untuk dilakukan. Dapatkah Saudara menjelaskan manfaat nyata dari pengelompokan keanekaragaman makhluk hidup? Dengan pengelompokan makhluk hidup, maka kita sebenarnya akan mempersempit objek kajian, sehingga akan mempermudah kita untuk mengenal, mempelajari, dan akhirnya memanfaatkan makhluk hidup untuk kepentingan manusia.

Pengelompokan makhluk hidup dapat dilakukan dengan berbagai sistem. Sistem pengelompokan tersebut yaitu artifisial, natural, dan filogeni.



1. Sistem Klasifikasi Buatan (Artifisial)

Sistem klasifikasi buatan merupakan suatu cara pengelompokan berdasarkan pada karakter-karakter yang dihubungkan dengan kepentingan manusia. Misalnya pada tumbuhan terdapat beberapa cara penggolongan, diantaranya berdasarkan:

a) Umur

Kita mengenal ada tumbuhan semusim/setahun (annual), contoh diantaranya Cabe, Tomat, dan Bunga Matahari. Ada juga yang tahunan, contoh diantaranya Jati, Kihujan, Mangga, Alpukat, dan Jambu Air.

b) Kegunaannya

Pengelompokan berdasarkan kegunaan misalnya tanaman pangan seperti Padi, Singkong, dan Kentang. Tanaman obat misalnya Binahong, Mahkota Dewa, dan Sirih. Tanaman perkebunan, seperti Jati, Mahoni, Gaharu, dan lain-lain.

c) Habitatnya

Berdasarkan habitatnya dikenal tumbuhan xerofit (tumbuhan yang dapat bertahan di daerah kering, seperti Kaktus, ada juga tumbuhan hidrofite (tumbuhan air seperti Kangkung, Genjer, Teratai, dan lain-lain).

d) Kandungan gizi atau zat utamanya

Dalam pengelompokan ini dikenal diantaranya tumbuhan sumber karbohidrat seperti Padi, Singkong, Sagu, dan lain-lain. Tumbuhan sumber protein seperti Kacang Kedelai, Kacang Tanah, dan Kacang Hijau. Tumbuhan sumber lemak seperti Kelapa Sawit, Kemiri, dan Wijen.

Melalui pengelompokan secara artifisial ini akan memudahkan kita untuk mengenal sehingga akhirnya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia.

2. Sistem Klasifikasi Alami (Natural)

Pengelompokan pada sistem ini dilakukan berdasarkan pada karakter-karakter alamiah yang mudah untuk diamati, pada umumnya berdasarkan karakter morfologi. Pelopor dari sistem klasifikasi alami ini adalah Carolus Linnaeus. Ia adalah yang pertama kali meletakkan dasar-dasar klasifikasi termasuk sistem tata nama *binomial nomenclature*.



Sistem klasifikasi makhluk hidup ini terus berkembang seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan (Gambar 1.2). Pada mulanya Carolus Linnaeus mengajukan sistem klasifikasi 2 Kingdom, yaitu Plantae dan Animalia. Namun selanjutnya Whittaker menyempurnakannya menjadi sistem klasifikasi 5 Kingdom. Kingdom Fungi dikeluarkan dari Plantae, kemudian membentuk kingdom baru yaitu Monera dan Protista. Monera yaitu golongan organisme yang merupakan prokariotik, sedangkan Protista yaitu golongan organisme mikroskopis yang merupakan organisme eukariotik. Setelah Whittaker, ilmuwan asal Amerika Carl Woese menyempurnakannya menjadi sistem klasifikasi 6 kingdom, yaitu Eubacteria, Archaeobacteria, Protista, Fungi, Plantae, dan Animalia. Namun selanjutnya Kingdom Protista sudah tidak berlaku karena anggotanya *polyphyletic*, yaitu ada yang mendekati karakter tumbuhan, hewan, bahkan fungi. Sama halnya dengan Kingdom Monera yang sudah tidak valid lagi sebagai suatu takson karena anggotanya terdiri dari dua golongan yang sangat berbeda karakternya (Bacteria dan Archaeobacteria). Oleh karena itu dibentuklah sistem klasifikasi 3 domain yang dinilai dapat mewadahi kingdom-kingdom sebelumnya yang bermasalah (Protista dan Monera). Ketiga domain tersebut yaitu Bacteria, Archaea, dan Eucarya.

Approaches to Classifying Organisms

A two-kingdom system—Linnaeus



A five-kingdom system—Whittaker



A six-kingdom system—Woese



A three-domain system—Woese



Gambar 1.2. Sejarah perkembangan sistem klasifikasi makhluk hidup

(sumber: <http://faculty.southwest.tn.edu/>)



Pada sistem alami, klasifikasi tumbuhan biasanya didasarkan pada morfologi dari alat perkembangbiakannya (bunga) termasuk tipe biji, morfologi akar, batang, dan daun. Sedangkan pada hewan biasanya diklasifikasikan berdasarkan jumlah sel, keberadaan tulang punggung, saluran pencernaan, sistem rangka, dan lain-lain.

3. Sistem Klasifikasi Filogeni

Sistem klasifikasi filogeni merupakan suatu cara pengelompokkan organisme berdasarkan garis evolusinya atau sifat perkembangan genetik organisme sejak sel pertama hingga menjadi bentuk organisme dewasa. Sistem klasifikasi ini sangat dipengaruhi oleh perkembangan teori evolusi. Pada sistem klasifikasi ini terkadang ada organisme yang secara morfologisnya berbeda, namun ternyata memiliki karakter genetik yang dekat.

Sistem klasifikasi filogeni ini merupakan sistem klasifikasi yang mendasari sistem klasifikasi modern, yang dipelopori oleh Hudchinson, Cronquist, dan lainnya. Biasanya klasifikasi modern ini dilakukan dengan memperhatikan kecenderungan evolusi organisme itu lebih maju atau masih primitif adalah dengan melihat pelestarian atau penyusutan dari struktur sel atau tubuhnya akibat pengaruh seleksi alam. Sebagai contoh, dalam klasifikasi modern tumbuhan, Hutchinson mengemukakan pendapat diantaranya:

- Tumbuhan berdaun tunggal lebih primitif daripada berdaun majemuk
- Tumbuhan dikotil lebih primitif daripada tumbuhan monokotil
- Tumbuhan berbiji terbuka lebih primitif dari pada tumbuhan berbiji tertutup
- Tumbuhan berbunga dengan benang sari dan putik yang banyak lebih primitif dari pada tumbuhan berbunga dengan benang sari dan putik sedikit.
- Tumbuhan berbunga mahkota lepas-lepas lebih primitif daripada tumbuhan berbunga mahkota bersatu.

Pada klasifikasi hewan karakter yang diperhatikan untuk penggolongannya yaitu jumlah sel tubuhnya dan perkembangan sel tubuhnya, serta jaringan embrionalnya. Hewan yang memiliki jaringan embrional triploblastik (ada ektoderm, mesoderm, endoderm) akan memiliki struktur tubuh yang lebih sempurna daripada organisme diploblastik (ektoderm dan endoderm saja, tapi tidak memiliki mesoderm).



Secara umum, untuk melihat tingkat-tingkat perkembangan makhluk hidup sebagai dasar klasifikasinya perlu diperhatikan: **struktur selnya** (prokariotik/eukariotik), **jumlah sel tubuhnya** (uniseluler/multiseluler), **jaringan embrionalnya** (diploblastik/triploblastik), **bentuk tubuh dan organ tubuhnya** (thallus/kormus), **pergiliran keturunannya** (bentuk gametofit/sporofit) dan **sifat-sifat khas morfologislainnya** seperti perkembangan bagian-bagian bunganya dibandingkan lainnya.

Identifikasi Makhluk Hidup

Dalam mengkaji keanekaragaman makhluk hidup, para ilmuwan telah membuat sistem klasifikasi yang biasa kita gunakan. Sebenarnya, untuk keperluan pribadi, kita juga dapat membuat sistem klasifikasi sederhana berdasarkan karakter yang kita inginkan. Hal lain yang tak kalah penting setelah pengklasifikasian makhluk hidup, Saudara harus dapat melakukan proses identifikasi suatu organisme. Identifikasi merupakan suatu proses yang dapat kita lakukan untuk menentukan atau mengetahui identitas dari suatu jenis organisme. Banyak metode yang dapat kita gunakan untuk mengetahui identitas suatu jenis organisme, diantaranya dengan konfirmasi langsung kepada ahlinya, mencocokkan dengan spesimen, atau dengan menggunakan suatu instrumen yaitu kunci identifikasi atau kunci determinasi. Kunci determinasi tersebut merupakan serangkaian pertanyaan yang dapat menggiring kita sehingga dapat mengetahui nama dari jenis organisme yang ingin kita ketahui identitasnya.

Dalam skala kecil misalnya, Saudara dapat merancang suatu kunci determinasi untuk jenis-jenis tumbuhan yang ada di sekitar sekolah. Kunci determinasi tersebut dibuat dengan menyusun serentetan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan karakter dari berbagai jenis tumbuhan tersebut. Untuk menguji kunci determinasi yang sudah Saudara rancang, Saudara dapat melakukannya dengan cara meminta kawan lain untuk mengidentifikasi jenis-jenis tumbuhan yang tercantum. Jika ia dapat mengidentifikasi suatu jenis tumbuhan dengan tepat, maka kunci determinasi tersebut sudah baik.

Model dari kunci determinasi bermacam-macam, namun yang paling sering digunakan adalah model dikotomi. Kunci dikotomi ini disusun atas dasar



pengelompokkan ciri-ciri makhluk hidup menjadi **dua** kelompok yang berbeda. Dengan menggunakan dasar persamaan dan perbedaan sifat ciri (*character state*) makhluk hidup tersebut, selanjutnya dilakukan pengelompokkan lagi menjadi dua kelompok kembali hingga akhirnya diperoleh sifat ciri yang spesifik yang langsung merujuk pada identitas jenis suatu organisme.

Oleh karena itu dalam ilmu klasifikasi, tidak terlepas dari pengetahuan kita terhadap karakter-karakter yang dijadikan acuan untuk pengelompokan. Misalnya jika kita akan mengelompokkan berbagai jenis tumbuhan di lingkungan sekolah berdasarkan morfologi bunga, buah, daun, batang, dan akar, maka kita harus memahami berbagai tipe morfologi dari organ-organ tumbuhan tersebut. Agar dapat digunakan oleh orang lain, maka istilah yang digunakan harus istilah ilmiah yang umum.

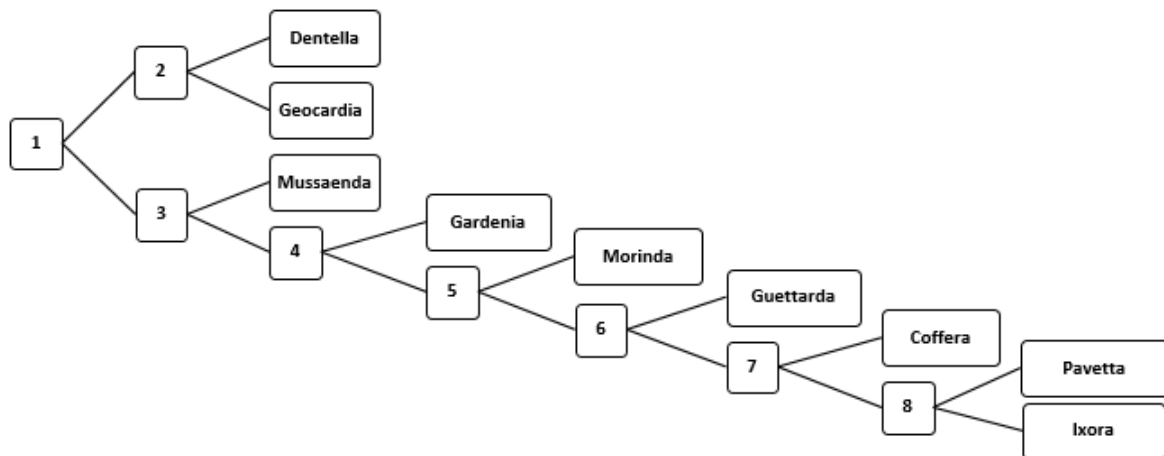
Dalam perancangan kunci determinasi model dikotomi, pada setiap nomor selalu disusun dua pernyataan yang saling berkebalikan. Pada setiap pernyataan akan diteruskan menuju nomor baru yang akan mengarahkan pada dua pernyataan berikutnya, hingga pada akhirnya akan berhenti pada nama/identitas dari organisme tersebut. Untuk lebih jelasnya coba Saudara perhatikan contoh kunci determinasi dibawah ini (dikutip dari Van Steenis, 1997):

- | | | | |
|----|----|--|-----------|
| 1. | a. | Herba berakar banyak, menjalar..... | 2 |
| | b. | Perdu atau pohon | 3 |
| 2. | a. | Bunga tunggal | Dentella |
| | b. | Bunga dalam karangan | Geocardia |
| 3. | a. | Beberapa bunga paling luar memiliki taju kelopak membesar seperti daun, mahkota oranye | Mussaenda |
| | b. | Tidak terdapat taju kelopak yang menyerupai daun | 4 |
| 4. | a. | Mahkota selalu rangkap..... | Gardenia |
| | b. | Mahkota tidak rangkap | 5 |
| 5. | a. | Bunga dalam bongkol | Morinda |
| | b. | Bunga dalam anak payung menggarpu | 6 |
| 6. | a. | Bunga duduk, panjang kelopak 5-7 mm, bertangkai panjang, tumbuh di ketiak daun | Guettarda |



- | | | |
|---|--|---------|
| | b. Bunga bertangkai pendek, panjang kelopak 1-2 mm .. | 7 |
| 7 | a. Karangan bunga di ketiak daun | Coffea |
| | b. Karangan bunga di ujung (terminal) | 8 |
| 8 | a. Tangkai putik 2 kali panjang tabung mahkota | Pavetta |
| | b. Tangkai putik sedikit lebih panjang dari tabung mahkota | Ixora |

Kunci determinasi tersebut merupakan kunci dikotomi karena selalu bercabang dua, jika dibuat bagannya maka akan seperti Gambar 1.3.



Gambar 1.3. Model kunci determinasi dikotom

Biasanya untuk memudahkan dalam pembuatan kunci determinasi, pernyataan yang dibuat pertama kali adalah pernyataan mengenai sifat ciri morfologi yang paling umum terlebih dahulu, kemudian selanjutnya diikuti dengan sifat ciri yang semakin spesifik.

KLASIFIKASI PADA TUMBUHAN

Agar Saudara memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai klasifikasi makhluk hidup, pada modul ini akan disajikan sistem klasifikasi yang diwakili oleh dunia tumbuhan. Diharapkan Saudara dapat mengaplikasikan dan mempelajari lebih lanjut mengenai sistem klasifikasi pada golongan makhluk hidup yang lainnya.



Tumbuhan merupakan organisme penting yang menjadi kunci awal bagi proses perolehan nutrisi seluruh makhluk hidup di muka bumi. Sumber energi bagi kehidupan di muka bumi adalah cahaya matahari, dan satu-satunya golongan makhluk hidup yang mampu menangkap energi tersebut menjadi sumber makanan adalah tumbuhan (organisme berklorofil). Proses konversi energi cahaya matahari menjadi energi kimiawi oleh tumbuhan dilakukan melalui proses fotosintesis. Energi kimia tersebut tersimpan dalam senyawa organik yang merupakan hasil dari fotosintesis. Senyawa organik hasil fotosintesis merupakan sumber energi yang dibutuhkan oleh makhluk hidup lain baik secara langsung ataupun tidak langsung.

Tumbuhan mempunyai keistimewaan karena mampu menghasilkan senyawa organik yang akan digunakan sebagai sumber energi dari senyawa-senyawa anorganik, yaitu karbondioksida, air, dan mineral dari dalam tanah. Oleh karena itu tumbuhan termasuk ke dalam organisme **autotrof**. Dalam prosesnya, tumbuhan memerlukan cahaya matahari untuk mengkonversi nutrisi tersebut menjadi senyawa organik, oleh karena itu tumbuhan disebut juga organisme **fotoautotrof**.

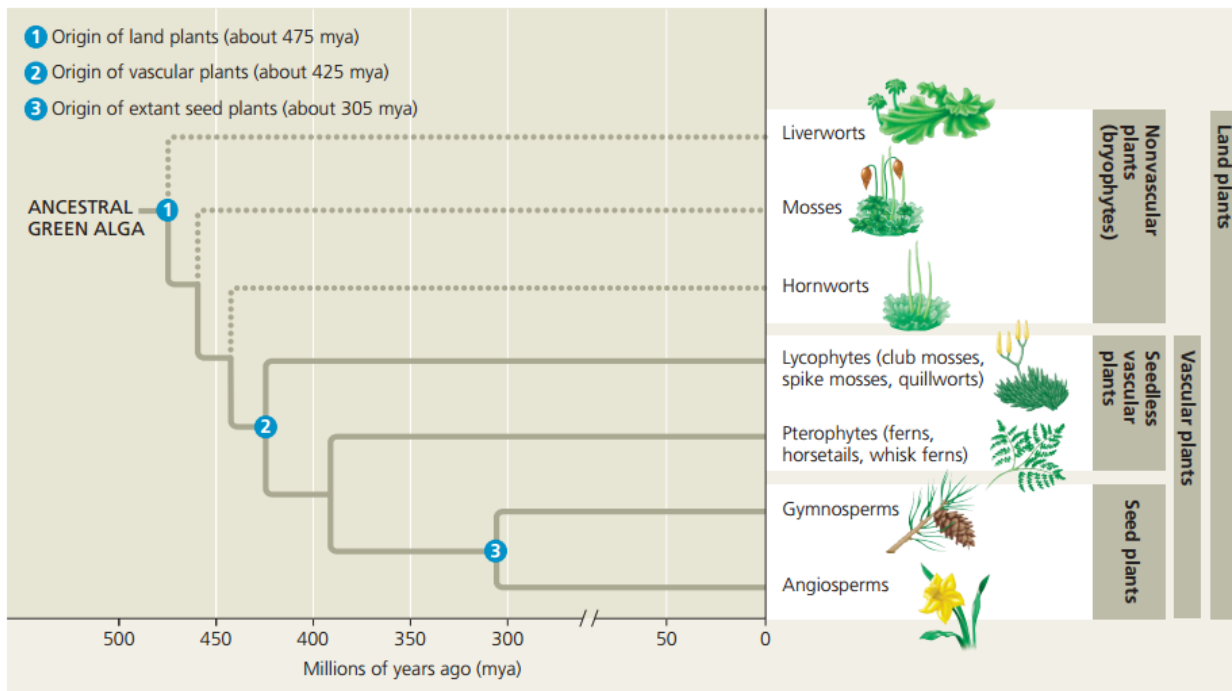
Organisme fotoautotrof sebenarnya tidak hanya tumbuhan, namun termasuk di antaranya alga, beberapa jenis protista, juga beberapa organisme prokariot. Namun pada kajian ini akan dikhususkan pada tumbuhan saja.

Secara filogenetik, tumbuhan diketahui berkelompok berdasarkan karakteristik tertentu yaitu jaringan pembuluh dan alat perkembangbiakannya (Gambar 1.4)

Keanekaragaman Tumbuhan

Salah satu karakter pembeda dalam keanekaragaman tumbuhan adalah jaringan pembuluhnya. Tumbuhan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu tumbuhan yang tidak berpembuluh (**nonvascular plant**) dan tumbuhan yang berpembuluh (**vascular plant**).

Tumbuhan tidak berpembuluh lebih dikenal dengan lumut, yang terbagi menjadi tiga kelompok, yaitu lumut daun, lumut hati, dan lumut tanduk. Sedangkan tumbuhan berpembuluh yang mencakup 93% dari keanekaragaman tumbuhan terbagi menjadi dua kelompok besar berdasarkan ada atau tidaknya biji sebagai alat perkembangbiakan.



Gambar 1.4. Diagram filogenetik yang menunjukkan hipotesis hubungan kekerabatan antar golongan tumbuhan (Campbell, 2011)

A. Tumbuhan Tak Berpembuluh (*nonvascular plants*)

Tumbuhan tak berpembuluh yang merupakan tumbuhan lumut terdiri dari tiga divisi, yaitu Hepatophyta (lumut hati), Bryophyta (lumut daun), dan Anthocerotophyta (lumut tanduk).

Berbeda dengan tumbuhan berpembuluh, semua jenis lumut memiliki fase gametofit yang dominan dan berumur lebih panjang dibandingkan fase sporofit dalam siklus hidupnya.

Fase gametofit tersebut merupakan fase yang sering kita lihat dan kita kenal sebagai lumut itu sendiri. Gametofit akan menghasilkan gamet jantan dan betina. Gamet jantan akan memproduksi banyak sperma, sedangkan gamet betina menghasilkan satu telur. Biasanya sperma akan membutuhkan air untuk berenang menuju telur sehingga akan terjadi fertilisasi. Oleh karena itu lumut biasanya tumbuh di tempat-tempat yang lembab.



Pada umumnya lumut merupakan tumbuhan yang kecil, dan tumbuh menutupi permukaan substrat. Lumut tidak memungkinkan untuk tumbuh tinggi karena tubuhnya yang tipis, dan juga tidak mempunyai jaringan pembuluh sehingga tidak akan mampu untuk mentransportasikan air dan nutrisi untuk jarak yang cukup jauh.

1. Hepatophyta (Lumut Hati)

Divisi lumut ini diberi nama demikian karena bentuk gametofitnya yang menyerupai bentuk hati (dari Bahasa Latin *hepaticus*, hati). Contoh dari lumut hati adalah *Marchantia polymorpha* (Gambar 1.5).



Gambar 1.5. *Marchantia polymorpha*

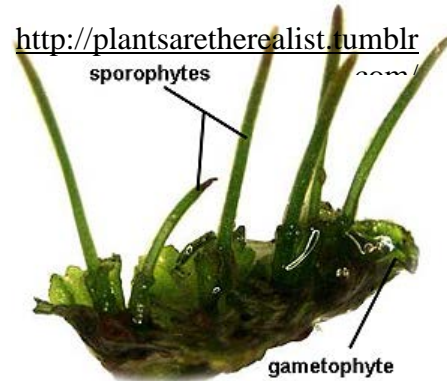
Pada *Marchantia*, gametophore muncul dari talus, menjulang ke atas menyerupai miniatur pohon. Gametophore terdiri dari dua jenis, yaitu *archegoniophore* dan *antheridiophore* (Gambar 1.5). Di bagian atas *archegoniophore* diproduksi sel-sel telur, sedangkan pada *antheridiophore* diproduksi sel-sel sperma. Jika terjadi pembuahan maka sporofit akan tumbuh menggantung di bagian atas *archegoniophore*.

2. Anthoceroophyta

Divisi lumut ini mempunyai penampakan seperti lumut hati, namun tidak memiliki struktur gametophore yang berbentuk miniatur pohon seperti pada lumut hati, dan kapsul sporofitnya tumbuh memanjang ke atas tanpa



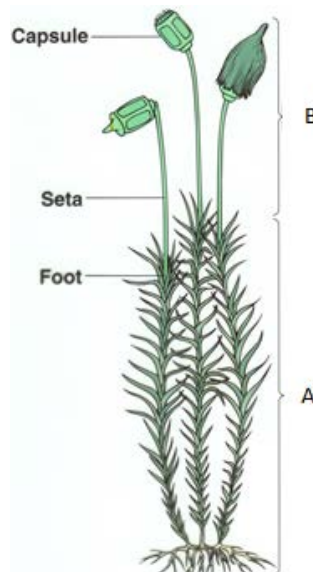
seta, membentuk seperti tanduk. Oleh karena itu divisi lumut ini dinamakan lumut tanduk.



Gambar 1.6. Lumut Tanduk

3. Bryophyta (Lumut Daun)

Divisi ini biasa disebut sebagai lumut sejati, dan jumlah jenisnya paling banyak diantara kedua divisi lumut yang lain. Seperti kelompok lumut yang lain, lumut daun mudah ditemukan di permukaan-permukaan substrat yang lembab seperti permukaan tanah, tembok, batu, atau kulit kayu. Biasanya lumut daun tumbuh sangat rapat menyelimuti permukaan substrat, dan mempunyai sifat seperti busa sehingga mampu menyerap dan menyimpan air. Struktur tubuh Bryophyta dapat dilihat pada Gambar 1.7.



Gambar 1.7. Diagram Lumut Daun. A. Gametofit; B. Sporofit

(sumber: <https://www.studyblue.com>)



Contoh lumut daun adalah *Mnium hornum* yang sering kita temukan di permukaan tanah, batu, bahkan tembok yang lembab.



Gambar 1.8. Lumut daun pada permukaan batu yang lembab

B. Tumbuhan Berpembuluh (*Vascular plants*)

Tumbuhan berpembuluh dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan ada atau tidaknya biji sebagai alat perkembangbiakannya. Dua kelompok tersebut yaitu tumbuhan tidak berbiji dan tumbuhan berbiji.

1. Tumbuhan Tidak Berbiji

Kelompok tumbuhan yang sudah mempunyai jaringan pembuluh namun tidak memiliki biji merupakan kelompok tumbuhan paku-pakuan yang terdiri dari divisi yaitu **Lycophyta** dan **Pterophyta**. Pada golongan tumbuhan ini fungsi biji digantikan dengan adanya spora.

Siklus hidup dari kelompok tumbuhan ini berbeda dengan siklus hidup pada lumut. Fase gametofit menjadi fase yang tidak dominan, ukurannya relatif lebih kecil, dan umurnya lebih pendek. Sedangkan fase sporofit menjadi fase yang dominan. Tumbuhan paku-pakuan yang biasa kita lihat merupakan fase sporofitnya.

a. Lycophyta

Pada umumnya divisi ini tumbuh sebagai tumbuhan epifit, dan yang lainnya tumbuh di lantai hutan. Terdapat sekitar 1.200 jenis yang



terbagi ke dalam tiga kelompok, yaitu Lycopodiaceae, Selaginellaceae, dan Isoetaceae. Contoh dari Lycopodiaceae adalah paku kawat (*Lycopodium cernuum*). Kelompok Selaginellaceae dan Isoetaceae, masing-masing hanya mempunyai satu genus, yaitu Selaginella dan Isoetes, Gambar 1.9.



Gambar 1.9. *Lycopodium* sp. (A.); *Selaginella* sp. (B.); dan *Isoetes* (C.)

b. Pterophyta

Divisi Pterophyta merupakan kelompok tumbuhan tak berbiji, sudah mempunyai jaringan pembuluh, dan sudah mempunyai batang, daun (*frond*), dan akar yang sederhana. Seperti pada kelompok tumbuhan sebelumnya, Pterophyta menghasilkan spora untuk memperbanyak diri. Divisi Pterophyta dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu paku sejati (***fern***), paku ekor kuda (***horsetail***), dan ***whisk fern***.

Kelompok paku sejati biasanya memiliki batang yang tegak, sehingga mampu menopang “daun” (*frond*) yang berukuran relatif besar dibandingkan dengan kedua kelompok yang lain. Biasanya daun yang

masih muda akan menggulung, disebut dengan istilah ental. Contoh paku sejati adalah paku tiang, *Cyathea contaminans*, Gambar 1.10.



Gambar 1.10. Paku Tiang (*Cyathea contaminans*), dengan entalnya

Paku ekor kuda biasa disebut juga dengan nama *anthrophyte* yang berarti tumbuhan berbuku, karena jenis paku ini memiliki “batang” yang berbuku-buku. Spora diproduksi pada struktur yang disebut dengan strobilus yang tumbuh di ujung batang. Contohnya adalah *Equisetum debile*, Gambar 1.11, yang biasa dijaikan sebagai tanaman hias dan tumbuh di tanah yang berair. Karena berbuku-buku seperti bambu, biasanya pedagang tanaman hias menyebut paku ini dengan nama “bambu air”.



Gambar 1.11. Paku ekor kuda, *Equisetum* sp.



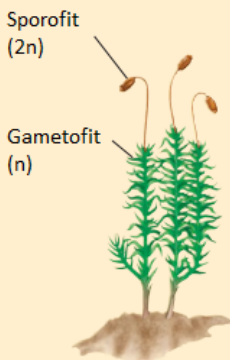

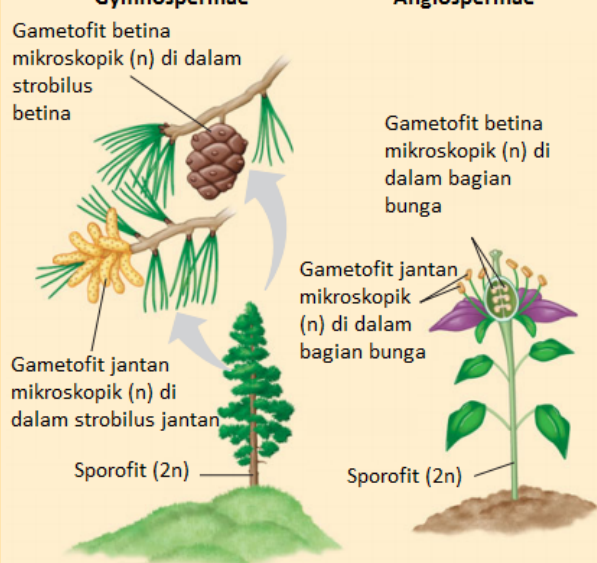
Kelompok terakhir yaitu *whisk fern* mempunyai sporofit yang tumbuh menggarpu (dikotom), dan tidak mempunyai akar. Sporangia terletak di ujung percabangan berbentuk kenop yang merupakan gabungan dari tiga sporangia. Contohnya adalah *Psilotum* sp., Gambar 1.12.



Gambar 1.12 *Psilotum* sp.

2. Tumbuhan Berbiji (Spermatophyta)

Tumbuhan berbiji dikelompokkan menjadi dua yaitu tumbuhan berbiji terbuka (Gymnospermae) dan tumbuhan berbiji tertutup (Angiospermae). Jika kita perhatikan, pada tumbuhan lumut, fase gametofit merupakan fase yang dominan, tumbuh pada substrat, ukuran lebih besar daripada sporofitnya. Kemudian pada tumbuhan paku fase gametofit menjadi fase yang tidak dominan, berukuran kecil dibandingkan dengan sporofitnya, tumbuh tersendiri pada substrat. Pada kelompok tumbuhan berbiji fase gametofit semakin tereduksi bahkan menjadi mikroskopis, dan tumbuh pada individu sporofit. Sehingga gametofit menjadi lebih terlindungi dari stres lingkungan, dan dijamin nutrisinya oleh sporofit (Gambar 1.13).

	KELOMPOK TUMBUHAN		
	Lumut	Paku	Tumbuhan Berbiji
Gametofit	Dominan	Tereduksi, independen (fotosintetik dan tumbuh tersendiri)	Tereduksi (biasanya mikroskopik), nutrisi bergantung pada jaringan yang melindungi dari sporofit
Sporofit	Tereduksi, nutrisi bergantung pada gametofit	Dominan	Dominan
Contoh			Gymnospermae
			Angiospermae
	 <p>Sporofit (2n)</p> <p>Gametofit (n)</p>	 <p>Sporofit (2n)</p> <p>Gametofit (n)</p>	 <p>Gametofit betina mikroskopik (n) di dalam strobilus betina</p> <p>Gametofit jantan mikroskopik (n) di dalam strobilus jantan</p> <p>Sporofit (2n)</p> <p>Gametofit betina mikroskopik (n) di dalam bagian bunga</p> <p>Gametofit jantan mikroskopik (n) di dalam bagian bunga</p> <p>Sporofit (2n)</p>

Gambar 1.13. Perbandingan Gametofit – Sporofit pada lumut, paku, dan tumbuhan berbiji. (dimodifikasi dari Campbell, 2011)

a. Gymnospermae (Tumbuhan Berbiji Terbuka)

Kelompok tumbuhan ini disebut berbiji terbuka karena mempunyai biji yang tidak terlindung dalam ovarium. Biji tersebut terdedah keluar pada lembaran sporofil yang termodifikasi membentuk strobilus. Gymnospermae terbagi ke dalam empat divisi yaitu Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta, dan Coniferophyta.

1. Cycadophyta

Kelompok ini memiliki strobilus yang besar, dan daun menyerupai tumbuhan palem. Saat ini terdapat kurang lebih 130 jenis. Salah satu contoh yang populer dijadikan sebagai tanaman hias adalah Pakis Haji (*Cycas rhumpii*)



Gambar 1.14. Pakis Haji (*Cycas rhumpii*)

2. Ginkgophyta

Satu-satunya jenis dari Ginkgophyta yang masih bertahan saat ini adalah *Ginkgo biloba*. Daunnya menyerupai kipas dan akan berubah warna menjadi keemasan pada musim gugur. Tumbuhan ini berasal dari Cina, dan banyak ditanam di Jepang dan Korea. Bijinya dapat dijadikan sebagai makanan dan obat yang berkaitan dengan gangguan peredaran darah dan daya ingat.



Gambar 1.15. *Ginkgo biloba*

3. Gnetophyta

Tumbuhan Gnetophyta terdiri dari tiga genus, yaitu *Welsitschia*, *Gnetum*, dan *Ephedra*. Genus *Gnetum* terdiri dari



kurang lebih 35 jenis, dan salah satunya yang kita kenal adalah Melinjo (*Gnetum gnemon*) sebagai bahan pangan. Daun dan strobilus yang masih muda biasa dikonsumsi untuk sayur. Sementara bijinya biasa dijadikan bahan makanan yang kita kenal sebagai emping.



Gambar 1.16. Melinjo (*Gnetum gnemon*)

b. Angiospermae (Tumbuhan Berbiji Tertutup)

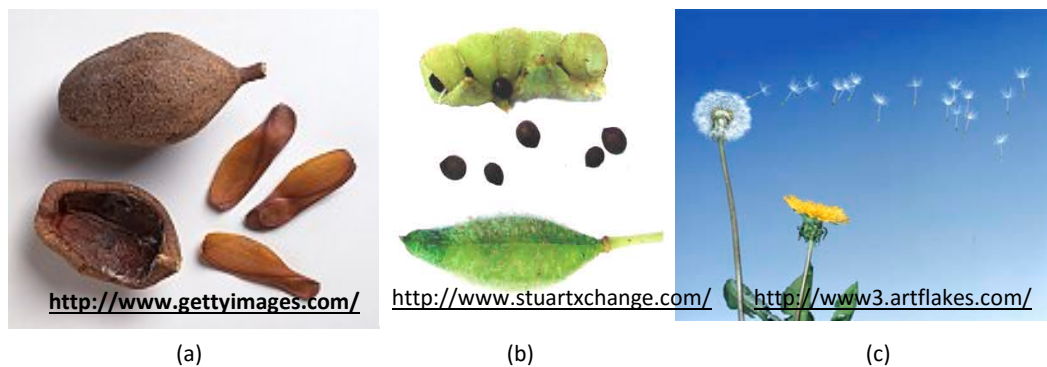
Angiospermae berbeda dengan kelompok Gymnospermae karena biji yang dihasilkan terlindungi oleh buah (ovarium). Karakteristik khas angiospermae yaitu memiliki bunga dan buah.

Bunga merupakan modifikasi dari daun yang biasanya menjadi empat struktur yang terspesialisasi, yaitu kelopak, mahkota, stamen, dan karpel. Karena memiliki struktur bunga, maka kelompok tumbuhan ini yang hanya terdiri dari satu divisi saja diberi nama **Anthophyta** (tumbuhan berbunga).

Buah merupakan hasil perkembangan lanjutan dari ovarium dan atau bagian bunga yang lain setelah terjadi fertilisasi. Biji selanjutnya berkembang dari ovule yang berada di dalam ovarium. Oleh karena itu pada angiospermae biji terlindung di dalam buah. Buah dari berbagai jenis tumbuhan sangat bervariasi dan biasanya strukturnya termodifikasi untuk proses penyebaran biji tersebut. Misalnya buah dari Mahoni (*Swietenia mahagoni*) memiliki struktur sayap sehingga dapat terbang seperti baling-



baling dan tersebar terbawa angin. Buah dari Pacar Air (*Impatiens balsamina*) memiliki buah yang dapat meledak karena faktor tekanan turgor, sehingga biji di dalamnya dapat terlempar jauh. Contoh lain adalah biji dari Dandelion (*Taraxacum officinale*) yang dapat melayang jauh terbawa angin karena memiliki struktur *pappus* yang berbentuk rambut-rambut halus.



Gambar 1.17. Variasi bentuk buah. Mahoni (a); Pacar Air (b); dan Dandelion (c)

Seiring dengan kemajuan teknologi, kajian klasifikasi tumbuhan angiospermae terus berkembang, sehingga saat ini cukup banyak perubahan-perubahan dalam penamaan atau pengelompokan dari suatu takson.

Sebelum tahun 1990, Angiospermae dikelompokkan ke dalam dua kelas yaitu Monokotil dan Dikotil, berdasarkan karakter kotiledonnya, yaitu yang memiliki satu kotiledon (*Monocotyledonae*) dan yang memiliki dua kotiledon (*Dicotyledonae*), dan karakter-karakter pembeda lainnya.

Sistem klasifikasi Angiospermae yang saat ini digunakan adalah APG III (*Angiosperm Phylogeny Group*), yang membagi lebih dari 250.000 jenis ke dalam empat klad (kelompok). Kelompok-kelompok tersebut yaitu Basal Angiosperm, Magnoliid, Monocot, dan Eudicot (APG III, 2009)



Kelas Dikotil yang sebelumnya kita kenal ternyata bersifat polifiletik, yang saat ini dipisahkan menjadi Eudicot (dikotil sejati), Basal Angiosperm, dan Magnoliid.

1. Basal Angiosperm

Terdapat kurang lebih 100 jenis tumbuhan yang termasuk ke dalam Basal Angiosperm, yang terbagi ke dalam tiga bangsa yaitu Amborellales, Nymphaeales, dan Austrobaileyales.



Gambar 1.18. *Nymphaea caerulea* (Nymphaeales)

Contoh lain yang kita kenal sebagai bumbu masakan adalah Bunga Lawang dari ordo Austrobaileyales, *Illicium verum* (Gambar 1.19).



Gambar 1.19. Bunga Lawang, *Illicium verum*
(Austrobaileyales)



2. Magnoliid

Kelompok Magnoliid terdiri dari kurang lebih 8.000 jenis, yang terbagi ke dalam empat ordo, yaitu Piperales, Canellales, Magnoliales, dan Laurales. Kelompok Magnoliid ini mempunyai sebagian ciri yang dimiliki Basal Angiosperm seperti susunan bunganya yang membentuk spiral namun lebih banyak karakter yang lebih mendekati pada kelompok *Monocot* dan *Eudicot*.

Beberapa contoh dari Magnoliid diantaranya adalah Lada, *Piper nigrum* (Piperales); Cempaka, *Magnolia grandiflora* (Magnoliales); Alpukat *Persea americana* (Laurales);

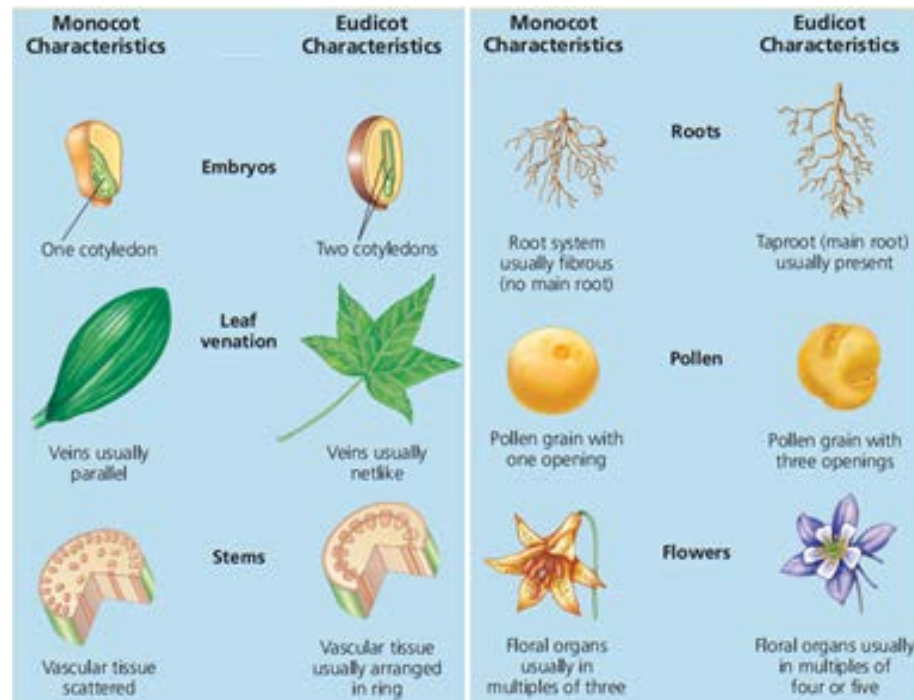


Gambar 1.20. Alpukat (*Persea americana*)

3. Monocot

Hampir seperempat anggota dari Angiospermae adalah kelompok Monocot. Pada sistem klasifikasi sebelumnya takson Monocotyledon merupakan takson yang valid dalam klasifikasi. Saat ini kelompok Monocot bukan merupakan takson, namun merupakan klad atau kelompok bagian dari Angiospermae, dengan ciri-ciri yang sama dengan yang kita ketahui pada kelas Monocotyledon. Anggota Monocot yang merupakan famili yang cukup besar diantaranya palem-paleman (Arecaceae), rumput-rumputan (Poaceae), anggrek

(Orchidaceae), lili (Liliaceae), dan lain-lain. Karakter Monocot dapat diamati pada gambar 1.21.

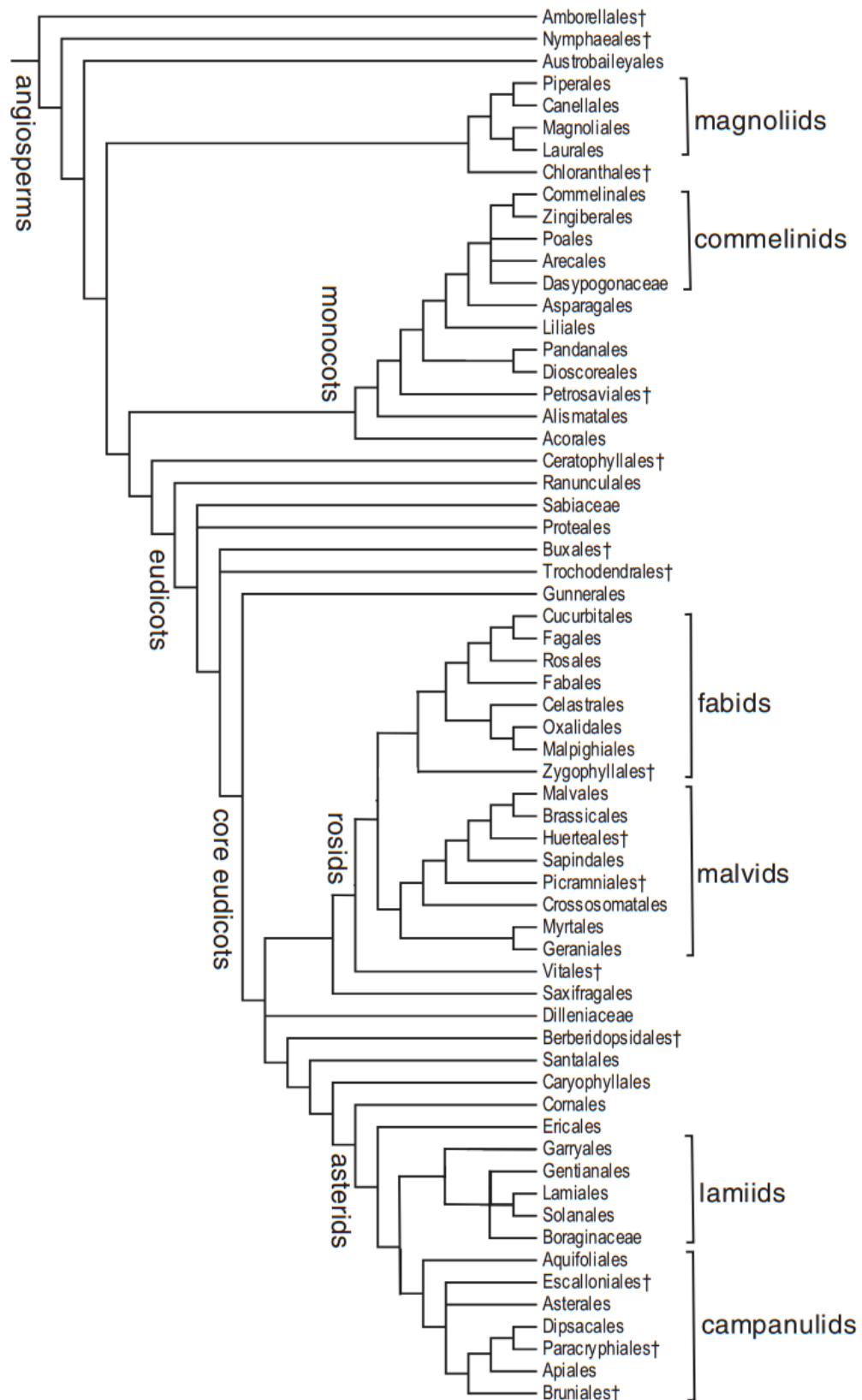


Gambar 1.21. Perbedaan karakter dari Monocot dan Eudicot

4. Eudicot

Terdapat kurang lebih 170.000 jenis tumbuhan yang termasuk ke dalam kelompok ini. Karakter dari Eudicot merupakan karakter yang sama dengan kelas Dicotyledon pada sistem klasifikasi sebelumnya. Perbandingan karakter Monocot dan Eudicot dapat diamati pada Gambar 1.21.

Beberapa contoh keluarga tumbuhan yang sering kita lihat dari Eudicot diantaranya Combretaceae, Myrtaceae, Lythraceae, Onagraceae (Myrtales); Brassicaceae, Caricaceae, Moringaceae, Tropaeolaceae (Brassicales); Bixaceae, Malvaceae, Muntingiaceae (Malvales); Convolvulaceae, Solanaceae (Solanales); dan selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.22.



Gambar 1.22. Diagram Filogeni Angiospernae (APG III, 2009)



D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas 1

Keanekaragaman Jenis Tumbuhan

1. Tujuan

- Mendeskripsikan karakter morfologi tumbuhan
- Mengidentifikasi keanekaragaman jenis tumbuhan berdasarkan karakter morfologi

2. Alat dan Bahan

- Berbagai jenis tumbuhan di lingkungan sekitar
- Gunting/pisau/cutter
- Kaca pembesar
- Alat tulis

3. Cara Kerja

- Mengamati berbagai jenis tumbuhan yang ada di sekitar kelas.
- Mendeskripsikan ciri morfologi tumbuhan yang meliputi daun, bunga, buah, dan batang
- Mencatat deskripsi ciri morfologi pada tabel.

4. Hasil Pengamatan

Tabel pengamatan

No.	Nama Jenis	Daun		Bunga	Buah	Batang	
		Bentuk	Tulang Daun			Bentuk	Kayu
1.							
2.							
3.							
...							

5. Pertanyaan

- Ada berapa jenis bentuk daun yang Saudara amati? Sebutkan contoh jenis tumbuhannya.
- Ada berapa jenis bentuk pertulangan daun yang Saudara amati?



Sebutkan contoh jenis tumbuhannya.

- c. Ada berapa jenis morfologi bunga yang Saudara amati? Sebutkan contoh jenis tumbuhannya.
- d. Ada berapa jenis buah yang Saudara amati? Sebutkan contoh jenis tumbuhannya.
- e. Ada berapa jenis bentuk penampang melintang batang yang Saudara Amati? Sebutkan contoh jenis tumbuhannya.

Aktivitas 2

Pengelompokan Jenis Tumbuhan

1. Tujuan

- a. Mendeskripsikan karakter morfologi pertulangan daun tumbuhan
- b. Mengelompokkan tumbuhan berdasarkan pertulangan daun

2. Alat dan Bahan

- a. Berbagai jenis tumbuhan di lingkungan sekitar
- b. Gunting/pisau/cutter
- c. Alat tulis

3. Cara Kerja

- a. Mengamati pertulangan daun dari berbagai jenis tumbuhan yang ada di sekitar kelas.
- b. Mendeskripsikan ciri morfologi tumbuhan yaitu tipe pertulangan daun.
- c. Mengelompokkan jenis tumbuhan berdasarkan tipe pertulangan daunnya.

4. Hasil Pengamatan

Tabel pengamatan

No.	Tipe Tulang Daun	Jenis Tumbuhan
1.		
2.		



3.		
...		

5. Pertanyaan

- Ada berapa kelompok bentuk pertulangan daun yang Saudara amati?
- Apakah pengelompokan yang Saudara lakukan sudah dapat mengklasifikasikan berbagai jenis tumbuhan tersebut pada level yang paling kecil?

Aktivitas 3

Pembuatan Kunci Determinasi

1. Tujuan

Membuat kunci determinasi berbagai jenis tumbuhan di sekitar sekolah

2. Alat dan Bahan

- Berbagai jenis tumbuhan di sekitar sekolah
- Gunting/pisau/cutter
- Kaca pembesar
- Alat tulis

3. Cara Kerja

- Mengamati karakter-karakter morfologi dari jenis-jenis tumbuhan di sekitar sekolah
- Menyusun kunci determinasi dengan merangkai pernyataan-pernyataan yang berkaitan dengan karakter morfologi yang telah diamati
- Menguji kunci determinasi yang telah disusun dengan cara mengidentifikasi jenis-jenis tumbuhan tersebut.



4. Hasil Pengamatan

Tabel Pengamatan Ciri Morfologi

No.	Jenis Tumbuhan	Ciri Morfologi	Sifat Ciri Morfologi
1.			
2.			
3.			
...			

Berdasarkan data morfologi diatas, susunlah kunci determinasi model dikotom.

5. Pertanyaan

- Apakah kunci determinasi yang telah Saudara buat dapat digunakan kembali untuk mengidentifikasi berbagai jenis tumbuhan yang tercantum?

E. Latihan/ Kasus /Tugas

- Mengapa keanekaragaman makhluk hidup dapat berkaitan erat dengan kestabilan ekosistem?
- Apa manfaat keanekaragaman hayati bagi kehidupan?
- Apa strategi yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan upaya konservasi keanekaragaman hayati secara global?
- Jelaskan bagaimana langkah-langkah dalam membuat kunci determinasi makhluk hidup?



F. Rangkuman

- Pengelompokan makhluk hidup dapat dilakukan dengan berbagai sistem. Sistem pengelompokan tersebut yaitu artifisial, natural, dan filogeni.
- Dalam kajian keanekaragaman makhluk hidup, para ilmuwan telah membuat sistem pengelompokan (klasifikasi) makhluk hidup yang biasa kita gunakan. Pengelompokan makhluk hidup tersebut dilakukan dengan berbagai sistem, yaitu artifisial, natural, dan filogeni. Selain membuat pengelompokan makhluk hidup, untuk mengenal suatu jenis harus melalui proses identifikasi, salahsatunya dengan menggunakan suatu instrumen yaitu kunci identifikasi atau kunci determinasi. Kunci determinasi merupakan serangkaian pertanyaan yang dapat menggiring kita sehingga dapat mengetahui nama dari jenis organisme yang ingin kita ketahui identitasnya. Model yang paling umum digunakan adalah model kunci determinasi dikotom.
- Kunci dikotomi disusun dengan menggunakan sepasang pernyataan yang berkebalikan mengenai sifat ciri (*character state*) makhluk hidup, dimana setiap pernyataan akan dilanjutkan pada pernyataan lain yang lebih spesifik, hingga akhirnya akan diketahui identitas makhluk hidup tersebut.
- Salahsatu karakter pembeda dalam keanekaragaman tumbuhan adalah jaringan pembuluhnya. Tumbuhan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu tumbuhan yang tidak berpembuluh (***nonvascular plant***) dan tumbuhan yang berpembuluh (***vascular plant***).
- Tumbuhan tak berpembuluh yang merupakan tumbuhan lumut terdiri dari tiga divisi, yaitu Hepatophyta (lumut hati), Bryophyta (lumut daun), dan Anthocerophyta (lumut tanduk). Semua jenis lumut memiliki fase gametofit yang dominan dan berumur lebih panjang dibandingkan fase sporofit dalam siklus hidupnya.
- Pada umumnya lumut merupakan tumbuhan yang kecil, dan tumbuh menutupi permukaan substrat. Lumut tidak memungkinkan untuk tumbuh tinggi karena tubuhnya yang tipis, dan juga tidak mempunyai jaringan pembuluh sehingga tidak akan mampu untuk mentransportasikan air dan nutrisi untuk jarak yang cukup jauh.



- Tumbuhan berpembuluh dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan ada atau tidaknya biji sebagai alat perkembangbiakkannya. Dua kelompok tersebut yaitu tumbuhan tidak berbiji dan tumbuhan berbiji.
- Kelompok tumbuhan yang sudah mempunyai jaringan pembuluh namun tidak memiliki biji merupakan kelompok tumbuhan paku-pakuan yang terdiri dari divisi yaitu **Lycophyta** dan **Pterophyta**. Pada golongan tumbuhan ini fungsi biji digantikan dengan adanya spora.
- Tumbuhan berbiji dikelompokkan menjadi dua yaitu tumbuhan berbiji terbuka (**Gymnospermae**) dan tumbuhan berbiji tertutup (**Angiospermae**).
- Kelompok tumbuhan berbiji terbuka mempunyai biji yang terdedah keluar (tidak terlindung dalam ovarium) pada lembaran sporofil yang termodifikasi membentuk strobilus. Gymnospermae terbagi ke dalam empat divisi yaitu Cycadophyta, Ginkgophyta, Gnetophyta, dan Coniferophyta.
- Angiospermae mempunyai biji yang terlindungi oleh buah (ovarium). Buah merupakan perkembangan dari bunga setelah terjadi fertilisasi. Bunga merupakan modifikasi dari daun yang biasanya menjadi empat struktur yang terspesialisasi, yaitu kelopak, mahkota, stamen, dan karpel. Karena memiliki struktur bunga, maka kelompok tumbuhan ini yang hanya terdiri dari satu divisi saja diberi nama **Anthophyta** (tumbuhan berbunga).
- Sistem klasifikasi Angiospermae yang saat ini digunakan adalah APG III (*Angiosperm Phylogeny Group*), yang membagi lebih dari 250.000 jenis ke dalam empat klad (kelompok), yaitu Basal Angiosperm, Magnoliid, Monocot, dan Eudicot (APG III, 2009)

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah Saudara mempelajari sistem klasifikasi makhluk hidup, menggunakan modul ini, diharapkan Saudara dapat lebih memahami dasar-dasar klasifikasi makhluk hidup, mengidentifikasi makhluk hidup, membuat kunci determinasi sederhana, serta sistem klasifikasi pada tumbuhan. Jika ada hal-hal yang dinilai belum tercapai, rencanakan apa yang akan Saudara lakukan untuk mencapai kompetensi tersebut.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: ORGAN TUMBUHAN

Modul ini ini disusun sebagai salah satu alternatif sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik struktur dan fungsi jaringan makhluk hidup, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran biologi di sekolah. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Di dalam bahan ajar ini dijelaskan tentang pengertian jaringan, organ, keterkaitan antara struktur dan fungsi akar, batang dan daun pada tumbuhan. Di dalam bahan ajar ini juga dilengkapi dengan evaluasi yang komprehensif sebagai sarana latihan bagi guru biologi, yang akan berguna juga dalam menghadapi uji kompetensi.

A. Tujuan

Setelah mengikuti kegiatan pembelajaran diharapkan:

1. Guru dapat menjelaskan dengan benar struktur penyusun pada akar, batang, dan daun pada tumbuhan melalui pengamatan preparat tumbuhan.
2. Guru dapat menjelaskan dengan tepat fungsi jaringan penyusun organ akar, batang, dan daun pada tumbuhan melalui kegiatan kegiatan mengkaji modul.

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan pengertian jaringan
2. Menjelaskan pengertian organ
3. Menjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi akar tumbuhan
4. Menjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi pada batang tumbuhan
5. Menjelaskan keterkaitan antara struktur dan fungsi pada daun tumbuhan

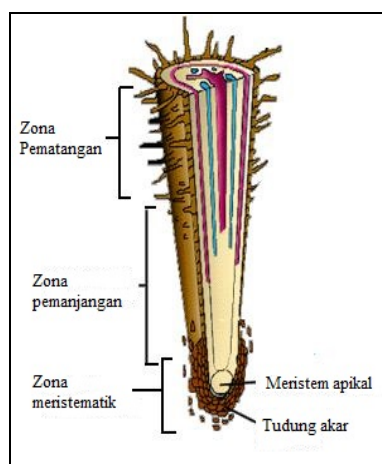


C. Uraian Materi

Dalam mempelajari hirarki tumbuhan mulai dari organ, jaringan, dan sel, kita akan mulai dengan pembahasan mengenai organ. Alasannya karena organ merupakan bagian dari organisme yang sudah dikenal luas dan mudah untuk diamati strukturnya. Organ adalah bagian dari tubuh tumbuhan yang terdiri dari beberapa jenis jaringan yang secara bersama-sama menjalankan suatu fungsi. Fungsi khusus yang dimiliki organ-organ tersebut memiliki peran vital bagi kelangsungan hidup tumbuhan sehingga tumbuhan dapat hidup di habitatnya. Organ-organ utama tumbuhan terdiri dari akar, batang, dan daun. Berikut uraian masing-masing organ tersebut.

1. Akar

Akar adalah bagian tumbuhan yang pada umumnya tersembunyi karena terletak di dalam tanah. Pada tanaman dikotil, struktur akar yang tumbuh membentuk akar tunggang sedangkan pada monokotil struktur akar tumbuh membentuk akar serabut. Kedua jenis akar membantu untuk membuat kokoh posisi tumbuhan di atas tanah. Akar dikotil dan monokotil jika telah dewasa akan memiliki susunan yang secara umum tersusun atas bagian epidermis, korteks, endodermis, dan silinder pusat. Daerah ujung akar dikotil dan monokotil dilindungi oleh tudung akar (kaliptra). Dapatkah Anda menjelaskan fungsi dari tudung akar tersebut ?



Gambar 2.1. Bagian-bagian akar tumbuhan
(Sumber : www.biology.tutorvista.com)

Gambar 2.1 diatas adalah penampang memanjang yang bisa memperjelas bagian-bagian akar. Berdasarkan gambar tersebut Anda dapat mengamati



keberadaan 3 zona, yaitu zona meristematik, zona pemanjangan, dan zona pematangan. Zona meristematik merupakan tempat sel-sel meristem memperbanyak diri untuk kemudian sel-sel tersebut memanjang di bagian zona pemanjangan sehingga memungkinkan akar untuk terus tumbuh menghunjam ke arah pusat bumi. Semakin matang sel, maka sebagian sel ada yang terus berubah struktur diantaranya menjadi bulu-bulu akar di bagian zona pematangan. Bulu-bulu akar yang banyak bermunculan di bagian ujung akar merupakan daerah yang sangat aktif melakukan penyerapan air dan mineral dibandingkan area lainnya di bagian akar.

Sebagian besar tumbuhan monokotil seperti rumput, akar embrionik mati sebelum tumbuh besar menjadi akar utama. Lalu perannya digantikan oleh akar-akar kecil yang tumbuh dari organ batang, dan di setiap akar kecil tersebut akan tumbuh cabang-cabang akar. Dengan demikian terbentuklah sistem akar serabut. Akar serabut dapat ditemui juga pada tumbuhan yang diperbanyak secara vegetatif. Dengan akar-akar yang dangkal (terkonsentrasi hanya beberapa sentimeter di bawah permukaan tanah), maka keberadaan rumput tersebut sangat baik untuk menjaga terjadinya erosi, karena akar rumput dapat “menggenggam” bagian atas tanah (*topsoil*) sehingga tidak mudah lepas/bergerak.

Ada juga tumbuhan yang akarnya mengalami modifikasi. Modifikasi akar tersebut ada yang berfungsi sebagai pendukung fungsi utama akar, yaitu menguatkan posisi batang tumbuhan di atas tanah agar tidak mudah rebah. Namun ada fungsi lain dari modifikasi, misalnya sebagai tempat untuk menyimpan air dan nutrisi, dan untuk menyerap oksigen dari udara.

Akar yang berperan menyimpan nutrisi di antaranya dapat Anda temukan pada wortel, lobak, dan bit. Sementara akar yang berperan untuk menyerap lebih banyak oksigen dari udara disebabkan minimnya oksigen di dalam tanah adalah akar napas (pada tanaman Kayu api di hutan bakau) dan ada pula akar udara seperti yang banyak ditemukan pada pohon beringin (*Ficus benjamina*). Ada struktur akar yang memiliki fungsi khusus seperti akar pembelit yang melekatkan batang pada inangnya, semisal yang terdapat pada tumbuhan memanjat seperti pada Vanili (*Vanilla planifolia*) dan anggrek.



Modifikasi akar lainnya adalah akar yang berkembang pada tumbuhan parasit (akar haustorium). Akar tersebut melakukan penetrasi ke dalam jaringan tubuh inang untuk menyerap air dan nutrisinya. Modifikasi akar yang menunjang fungsi utama sebagai penopang batang ada pada akar papan atau akar banir yang bisa kita dapati di pohon Kenari (*Canarium commune*). Pada tumbuhan Pandan bisa kita temukan akar tunjang, yaitu akar yang keluar dari batang (di atas tanah), lalu masuk ke tanah untuk menopang batang.



Gambar 2.2. Akar napas pada *Avicennia* sp (Kayu api) yang mencuat dari bawah menuju ke atas permukaan air/tanah



Gambar 2.3. Akar udara (*aerial root*) pada *Ficus benjamina* (Beringin) yang menjuntai ke bawah



Gambar 2.4. Akar pembelit pada tumbuhan Vanili (*Vanilla planifolia*)



Gambar 2.5. Tumbuhan Tali Putri (*Cassytha filiformis*) yang bersifat parasit, berupa sulur-sulur panjang berwarna kuning dan bisa mematikan inangnya.

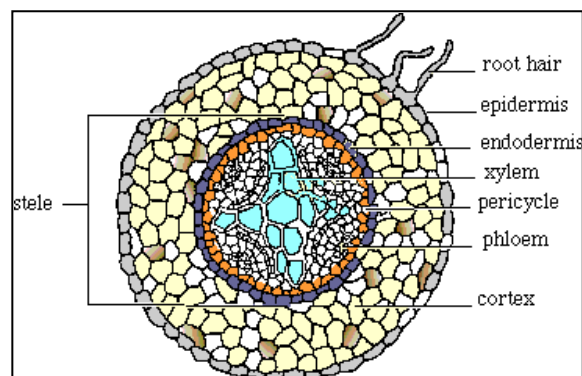


Gambar 2.6. Akar papan pada tumbuhan Beringin (*Ficus sp*) atau Kenari (*Canarium sp.*)



Gambar 2.7. Akar tunjang pada tumbuhan Pandan (*Pandanus tectorius*)

Bagaimanakah kondisi jaringan di dalam organ akar. Amatilah penampang melintang akar tumbuhan pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. Diagram skematik penampang melintang akar
Kumpulan beberapa jaringan yang berbeda akan membentuk suatu organ

Di akar terdapat epidermis merupakan jaringan paling luar organ yang berperan sebagai kulit luar yang melindungi. Oleh karena perannya tersebut, maka epidermis tersusun dari sel-sel yang rapat dan terdiri hanya setebal satu lapis, serta bersifat mudah dilalui oleh air. Ada bagian epidermis yang membentuk bulu akar. Tujuannya adalah untuk memperluas area permukaan serap akar



untuk menyerap air, oksigen, dan garam mineral. Bulu-bulu akar ini usianya pendek sehingga sering mengalami pergantian. Perlu diingat, bahwa fungsi utama bulu akar adalah untuk penyerapan, bukan untuk penguatan.

Di bawah jaringan epidermis terdapat jaringan korteks (*cortex*) yang menempati sebagian besar akar tumbuhan. Sebagian besar korteks tersusun dari sel-sel parenkim, ukuran sel besar, hidup, dan tidak tersusun rapat sehingga memiliki ruang antar sel yang memanjang di sepanjang akar.

Lapisan berikutnya adalah endodermis yang sel-selnya berbentuk kotak-kotak, sangat rapat tanpa ruang antarsel. Terdapat penebalan pada dinding sel sehingga tampak seperti pita memanjang yang disebut pita kaspari. Pita kaspari menghalangi air masuk melewati dinding sel, tapi air masih bisa masuk melalui sel penerus.

Setelah endodermis terdapat silinder pusat yang merupakan bagian terdalam dari akar. Silinder pusat tersusun dari aneka jaringan, antara lain jaringan perisikel (perikambium), xylem, floem dan empulur. Perisikel atau perikambium merupakan lapisan terluar silinder pusat.

Selanjutnya terdapat pembuluh angkut yang terdiri dari xylem dan floem. Pada akar dikotil, antara xylem dan floem terdapat jaringan kambium. Kambium merupakan titik pertumbuhan sekunder; ke arah dalam membentuk xylem dan ke arah luar membentuk floem. Empulur, merupakan jaringan parenkim yang terdapat diantara berkas vaskuler pada daerah stele. Pada akar monokotil, xylem terletak berselang-seling dengan floem.

2. Batang

Batang merupakan organ tumbuhan yang umumnya berukuran paling besar dan mudah diamati strukturnya meski dari jarak jauh. Seperti yang Anda amati, batang tumbuhan menopang tegaknya tanaman, menjadikan daun mudah mendapatkan sinar matahari. Batang juga menjadi tempat yang berperan dalam proses pengangkutan mineral dan air dari akar ke daun dan menyalurkan makanan dari daun ke bagian lain dari tubuh. Pada batang tersusun dari *nodus* dan *internodus* yang posisinya berselingan. Nodus (buku-buku) menjadi tempat tumbuh dan menempelnya daun, dan internodus posisinya terletak antara nodus



dengan nodus lainnya. Di bagian batang juga, terdapat potensi tanaman untuk berkembang biak secara buatan (cangkok dan stek).

Di batang terdapat dua tunas yang berasal dari pembelahan meristem primer. Pertama, yaitu *tunas apikal* (*tunas terminal*) yang letaknya di ujung batang. Pertumbuhan meristem di tunas apikal membuat batang tumbuh semakin tinggi. Kedua, yaitu *tunas aksiler* (*tunas lateral*) yang letaknya di ketiak daun. Pertumbuhan dari tunas aksiler akan menghasilkan cabang. Pada pertumbuhan batang dikenal *dominansi apikal*, yaitu *inhibisi* (penghambatan) pertumbuhan tunas aksiler oleh tunas apikal karena sumber daya pertumbuhan terkonsentrasi di bagian pucuk apikal. Selama masih ada tunas apikal, maka tunas aksiler akan terhambat sampai pada jarak tertentu dari pucuk. Keadaan ini berakibat tumbuhan bertambah tinggi dan pertumbuhan ke samping (pembentukan cabang) terhambat. Tapi apabila ada hewan memakan ujung pucuk (tunas aksiler tersebut), maka dominansi apikal akan berhenti. Akibatnya tunas aksiler berhenti dorman, mulai tumbuh menghasilkan cabang-cabang tumbuhan.

Pada beberapa tumbuhan, batang berfungsi sebagai tempat menyimpan cadangan bahan makanan dan reproduksi vegetatif. Seperti rhizoma (rimpang), umbi batang (tuber), geragih (Stolon), dan Subang (Cormus).

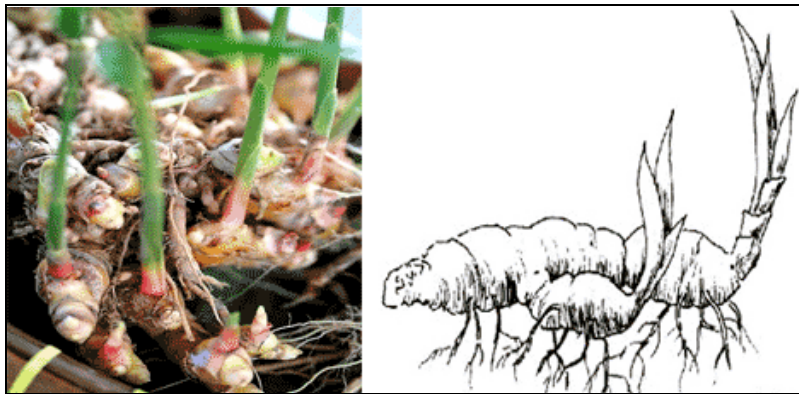
Rhizoma adalah batang yang tumbuh menjalar di bawah permukaan tanah dengan posisi mendatar/horizontal. Pada rhizoma terdapat ruas-ruas pendek, dan dari setiap ruas tersebut dapat muncul akar dan tunas baru. Contoh rhizoma adalah jahe (*Zingiber officinale*), kunyit (*Curcuma domestica*), lidah mertua (*Sansevieria* sp.), dan lain-lain. Rhizoma banyak mengandung hasil metabolisme tertentu (metabolit) yang memiliki khasiat pengobatan.

Umbi batang (tuber) juga adalah batang yang tumbuh di dalam tanah. Umbi batang bentuknya membesar karena menyimpan cadangan makanan berupa pati/zat tepung. Contohnya dapat ditemukan pada Solanaceae (seperti kentang) dan Asteraceae (seperti umbi dahlia).

Geragih adalah modifikasi batang yang tumbuhnya mendatar/horizontal di atas atau di bawah permukaan tanah, dan menumbuhkan pucuk (bakal tanaman baru) dan akar baru dari nodusnya. Contoh tumbuhannya adalah strawberi, pegagan, dan eceng gondok.



Subang (cormus) atau bonggol adalah batang pendek yang berada di dalam tanah dan berbentuk bulat, membengkak berisi cadangan makanan. Dapat ditemukan pada bonggol pisang dan daun umbi colchici.



Gambar 2.9. Jahe sebagai contoh modifikasi batang rhizoma.



Gambar 2.10. Kentang yang merupakan umbi batang.



Gambar 2.11. geragih pada strawberi



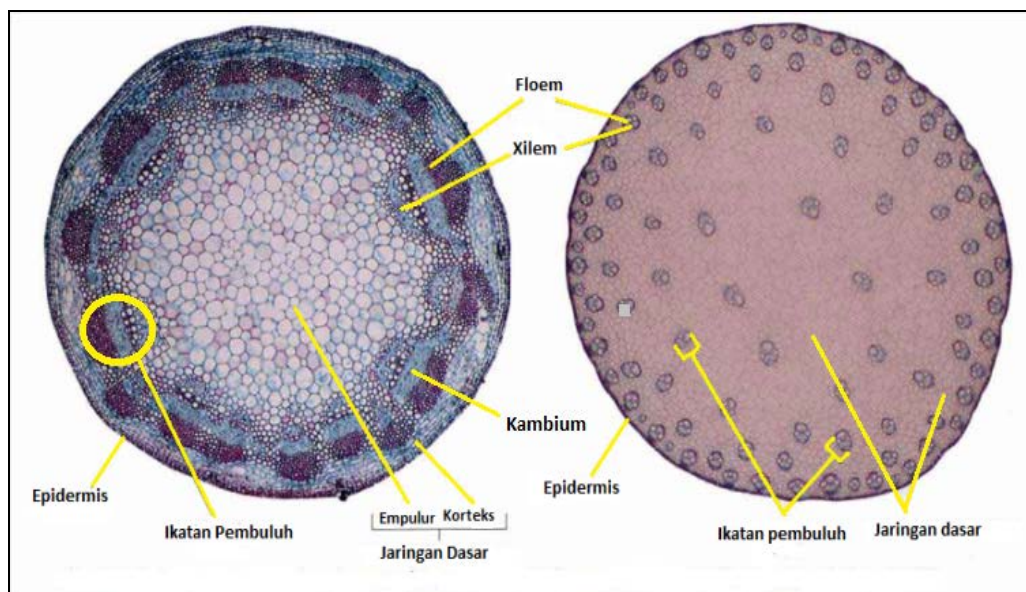
Gambar 2.12. Bonggol pisang



Gambar 2.13. Batang tumbuhan



Terdapat beberapa perbedaan pada batang tumbuhan dikotil dan monokotil. Aspek yang mudah diamati secara langsung adalah batang dikotil dapat tumbuh membesar karena keberadaan kambium. Berbeda dengan monokotil yang pertumbuhannya diameter batangnya terbatas dan hanya bisa tumbuh ke atas/semakin tinggi. Selain itu batang dikotil bercabang-cabang, dan apabila diamati di bawah mikroskop posisi jaringan pembuluh dikotilmelingkar teratur sementara posisi jaringan pembuluh monokotil menyebar tidak teratur (amati gambar 2.14).



Gambar 2.14. Penampang melintang batang dikotil (kiri) dan monokotil (kanan)
(Sumber : www.fultonschools.org)

3. Daun

Daun diibaratkan pabrik dalam tumbuhan, tempat untuk memproduksi zat makanan yang bermanfaat tidak hanya bagi tanaman itu sendiri, akan tetapi bagi makhluk hidup keseluruhan. Oleh sebab itu peran daun sangatlah penting. Daun berwarna hijau menandakan bahwa daun mengandung banyak klorofil yang bertanggung jawab dalam proses fotosintesis. Fotosintesis merubah energi cahaya dari matahari menjadi energi kimia yang tersimpan di dalam bentuk karbohidrat.

Fungsi lain yang terdapat pada daun adalah sebagai organ untuk pernapasan. Keberadaan stomata di daun membantu terjadinya pertukaran gas O_2 dan CO_2 .



Pada stomata juga berlangsung suatu proses bernama transpirasi. Transpirasi adalah penguapan air dari jaringan tumbuhan.

Pada daun berlangsung pula *gutasi*, yaitu proses pelepasan air dalam bentuk cair dari jaringan daun. Gutasi dapat terjadi karena transpirasi yang rendah sementara penyerapan air tinggi. Gutasi dapat diamati dengan keberadaan tetes-tetes air di tepi daun yang tersusun secara teratur. Fungsi yang sangat penting dari daun terkait erat dengan struktur yang ada di dalamnya.

Wujud daun sangat beragam tapi secara umum terdiri atas tangkai dan helai daun. Pada rumput dan tumbuhan monokotil tidak terdapat tangkai daun, tetapi di dasar daunnya terdapat pelepah yang membungkus batang. Wujud daun juga oleh ahli taksonomi dijadikan sebagai dasar bagi identifikasi jenis tumbuhan, seperti morfologi daun, pola percabangan urat daun, dan susunan daun.

Meski pada dasarnya daun berfungsi sebagai tempat fotosintesis, tapi beberapa spesies mempunyai daun yang telah mengalami adaptasi sehingga bisa memiliki fungsi tambahan, seperti untuk penyokong, pelindung, penyimpan makanan, atau reproduksi.



Gambar 2.15 Duri pada tumbuhan kaktus yang tajam tersebut sebenarnya adalah daun. Fotosintesis berlangsung di batangnya yang berwarna hijau



Gambar 2.16. Sulur dari tumbuhan kacang yang terkait pada sebuah batang sebenarnya adalah modifikasi dari daun. Sebagian sulur juga terbentuk dari modifikasi batang.



Gambar 2.17. Tumbuhan sukulen yang daunnya dapat berfungsi untuk menyimpan air.



Gambar 2.18. Daun *Kalanchoe daigremontiana* yang daunnya membantu reproduksi dengan cara menggugurkan daun. Dari daun tersebut muncul akar dan pucuk tumbuhan baru.



Gambar 2.19. Daun Kastuba (*Euphorbia pulcherrima*) yang sering diduga bunga, padahal adalah modifikasi daun (braktea) yang berfungsi melindungi bunga yang dikelilinginya.



Gambar 2.20. Daun pelindung (seludang bunga/spatha) pada famili Araceae. Daun menyelubungi seluruh bunga majemuk sebelum mekar. Daun ini fungsinya seperti braktea, sebagai pelindung bunga.

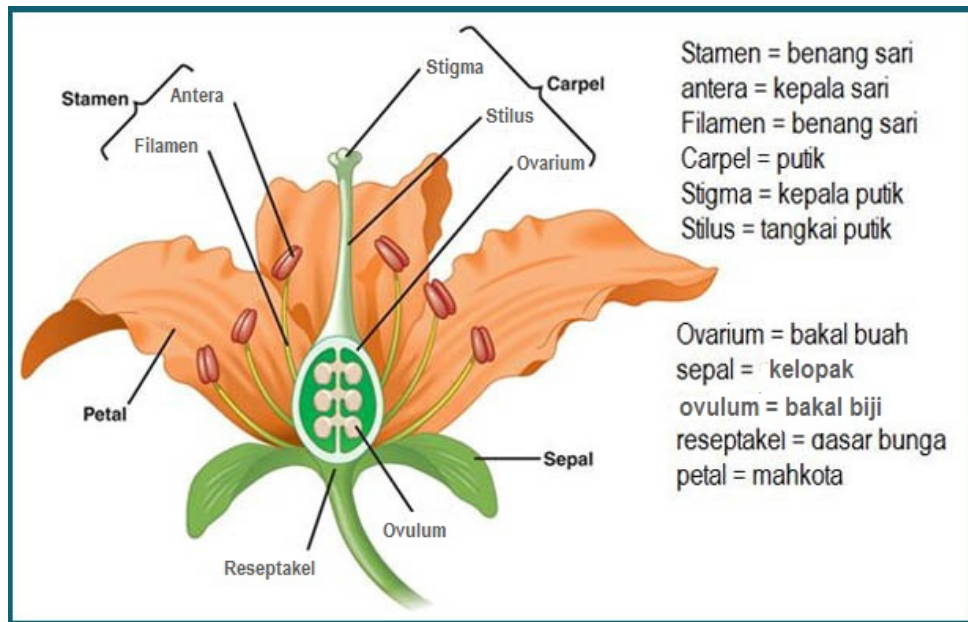


Bunga

Bunga adalah bagian pucuk yang terspesialisasi dan biasanya mengandung 4 jenis daun termodifikasi yang menjadi organ bunga. Organ bunga tersebut yang terlibat dalam proses bunga menjalankan fungsinya sebagai organ reproduksi tumbuhan angiosperma secara umum terdiri dari organ *sepal* (kelopak), *petal* (mahkota), *stamen* (benang sari), dan *karpel* (putik).

Organ yang terlibat langsung dalam pembuahan adalah stamen dan karpel. Sepal yang menutupi dan melindungi pucuk bunga sebelum mekar, warnanya hijau dan wujudnya mirip daun. Pada beberapa spesies, petal warnanya lebih terang daripada sepal yang bisa menarik kedatangan serangga dan polinator lainnya. Tetapi bunga yang polinasinya dibantu oleh angin memiliki warna bunga yang tidak terlalu mencolok.

Stamen tersusun atas *filamen* (tangkai sari) dan *antera* (kepala sari). Di dalam antera terdapat ruang-ruang yang bernama *mikrosporangia* (kantung polen) yang menghasilkan biji polen yang mengandung gametofit jantan. Karpel yang menghasilkan *megaspore* dan produknya yaitu gametofit betina, tersusun atas *ovarium* (bakal buah), *stilus* (tangkai putih), dan *stigma* (kepala putik). Stigma adalah bagian ujung dari karpel yang posisinya tinggi sehingga bisa menangkap polen. Antara stigma dan ovarium terdapat *stilus* yang muncul dari ovarium. Ovarium adalah tempat terjadinya pembuahan. Di dalamnya terdapat 1 *ovulum* atau lebih (tergantung spesies). Jika terjadi pembuahan/fertilisasi maka sebuah ovulum akan berkembang menjadi biji.



Gambar 2.21. Bagian-bagian bunga

Bunga sempurna adalah bunga yang memiliki semua organ bunga. Beberapa spesies memiliki bunga tidak sempurna. Tidak memiliki sepal, petal, stamen, atau karpel. Bunga juga bervariasi dalam ukuran, bentuk, warna, bau, susunan organ, dan waktu pemekaran. Ada bunga yang tumbuh sendiri, sementara spesies lain bunganya tersusun berkelompok. Seperti yang dapat ditemukan pada bunga matahari. Bagian tengah bunga yang berbentuk cakram tersebut berisi ratusan bunga tidak sempurna berukuran kecil dan bagian yang mirip dengan petal sebenarnya adalah bunga steril.

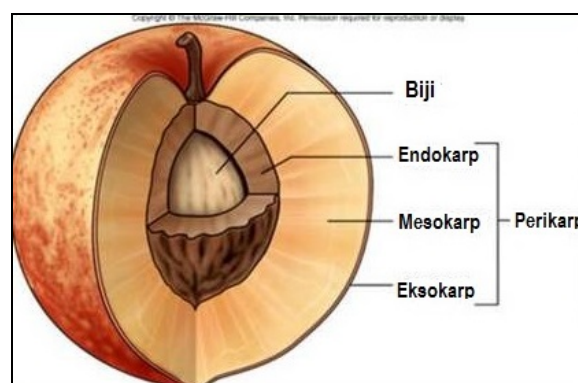
Buah

Buah terbentuk dari ovarium yang telah matang. Ketika biji berkembang setelah fertilisasi, maka dinding ovarium akan menebal. Dengan demikian buah sebenarnya berfungsi dalam melindungi biji yang dorman dan membantu penyebarannya. Buah yang matang sifatnya bisa 'berdaging' seperti jeruk, mentimun, dan anggur. Pada buah jenis ini, dinding ovarium menjadi lembut ketika buah matang. Buah yang matang ada juga yang sifatnya 'kering' seperti kacang, gandum, buah padi, dan kacang buncis.

Dinding ovarium yang menebal akan menjadi *perikarp*. Ketika berkembang, perikarp menjadi *eksokarp/epikarp* (yang terdapat di dinding luar) dan *endokarp*



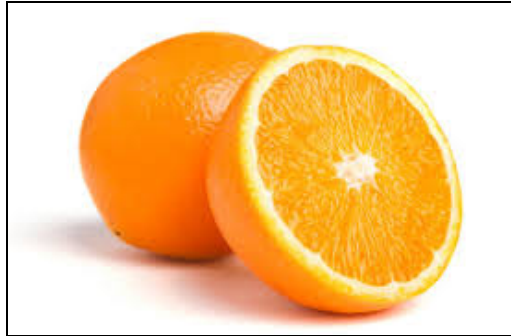
(yang terdapat di dinding dalam), dan *mesokarp* yang terdapat di lapisan tengah. Eksokarp yang posisinya paling luar biasanya paling keras dan tidak tembus air, seperti yang bisa ditemukan pada buah kelapa (monokotil), tapi pada buah tumbuhan dikotil strukturnya tidak sekeras seperti buah monokotil. Mesokarp biasanya berisi daging buah atau serabut (pada buah kelapa). Endokarp merupakan lapisan paling dalam. Pada kelapa terdapat di tempurungnya, sementara pada rambutan terdapat di lapisan tipis yang membungkus buah.



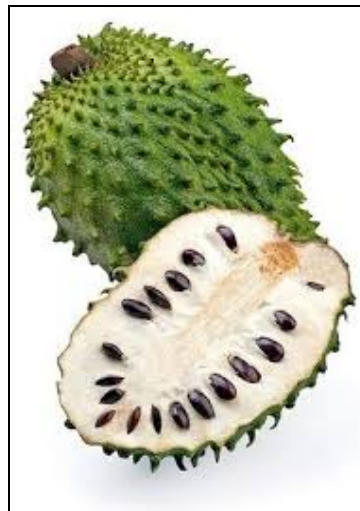
Gambar 2.22. Anatomi buah

Buah dikelompokkan setidaknya menjadi 3 berdasarkan perkembangan asalnya. Kelompok tersebut adalah buah sederhana (*simple fruit*), buah agregat, dan buah majemuk (*multiple fruit*). Buah sederhana terbentuk dari satu bunga dan satu karpel (satu bakal buah), contohnya adalah buah apel dan buah tomat. Buah agregat berasal dari perkembangan satu bunga tapi mengandung banyak karpel terpisah, dan setiap karpel membentuk buah tersendiri. Masing-masing ovarium dibuahi secara terpisah tapi kemudian berkumpul menjadi agregat sehingga tampak seperti 1 buah. Contohnya adalah strawberi, sirsak, dan raspberi. Buah majemuk adalah buah yang berasal dari sejumlah bunga yang berkumpul (bunga majemuk) dan tentu mengandung banyak karpel, tapi pada akhirnya membentuk satu buah saja.

Contoh buah majemuk adalah buah nanas, buah mengkudu, dan buah bunga matahari.



Gambar 2.23. Buah jeruk, masuk kategori buah sederhana yang berdaging



Gambar 2.24. Buah sirsak yang masuk ke dalam kategori buah agregat



Gambar 2.25. Buah nanas yang masuk kategori buah majemuk

Adaptasi bentuk buah berperan penting dalam penyebaran biji. Biji dari dandelion misalnya, terletak pada buah yang bentuknya seperti parasut atau baling-baling



sehingga mudah diterbangkan oleh angin. Sementara buah lain seperti buah kelapa mudah untuk disebarkan oleh air. Sebagian lain memerlukan bantuan hewan untuk menyebarkan bijinya. Seperti buah yang berbentuk duri agar mudah menempel di bulu hewan. Tumbuhan juga menghasilkan buah yang berdaging lezat, manis, bergizi, dengan warna menarik saat matang. Ketika buah tersebut dimakan binatang, biji ikut termakan tapi tidak dicerna. Biji lalu dibuang bersama feces dan jatuh dan berkembang di lokasi yang jauh dari pohon induknya.



Gambar 2.26. Buah Dandelion



Gambar 2.27. Buah Maple. Membantu penyebaran bijinya dengan terbang seperti baling-baling



Gambar 2.28. Buah Cocklebur. Memfasilitasi penyebaran bijinya dengan menempel pada bulu atau rambut hewan



Gambar 2.29. Buah tomat yang memiliki dinding buah luar dan dalam bersifat lembut

D. Aktivitas Pembelajaran

Aktivitas di bawah berikut ini penting untuk Anda ikuti untuk memperkuat pemahaman Anda mengenai struktur serta fungsi jaringan tumbuhan dan hewan. Salah satu kegiatan belajar yang tidak lepas dari materi ini adalah observasi menggunakan alat mikroskop. Dengan demikian pemahaman dan praktik yang benar mengenai cara mengoperasikan mikroskop penting untuk dikuasai oleh guru.



Kegiatan I. Mengamati Daun, Batang, dan Akar Tumbuhan

A. Tujuan

Setelah melakukan kegiatan ini, Anda diharapkan dapat :

- a. Mengidentifikasi struktur morfologi daun, batang, dan akar pada tumbuhan.
- b. Menjelaskan struktur morfologi daun, batang, dan akar pada tumbuhan.

B. Alat dan Bahan

1. Lup/kaca pembesar
2. Pisau/cutter
3. Talenan
4. Tumbuhan rumput (jenis bebas, yang muda ditemukan)
5. Tumbuhan tali putri atau Vanili
6. Tumbuhan jahe, lengkuas, atau kunyit
7. Tumbuhan kaktus
8. Tumbuhan sukulen (yang daunnya menggelembung)
9. Tumbuhan lain yang dapat ditemui di ruangan atau taman sekitar.

C. Cara Kerja

1. Ambil satu persatu tumbuhan yang disediakan untuk diamati secara bergiliran.
2. Gunakan pisau/cutter, talenan, dan kaca pembesar untuk membantu kegiatan observasi Anda.
3. Identifikasi keberadaan organ bunga, batang, akar, dan organ reproduksi dari setiap tumbuhan yang Anda amati. Lalu isi tabel yang disediakan.
4. Isilah kolom deskripsi untuk menjelaskan dengan kalimat Anda sendiri mengenai morfologi organ daun, batang, dan akar. Sertakan gambar pada penjelasan tersebut.



D. Hasil Pengamatan

Tabel Identifikasi Organ Tumbuhan

Nama Tumbuhan	Organ yang Dimiliki ^{*)}			
	Daun	Batang	Akar	Alat reproduksi

Keterangan:

^{*)} Beri tanda ceklis (✓) pada kolom di bawah.

Tabel Deskripsi Organ

Nama Tumbuhan	Deskripsi Organ ^{*)}	Gambar

Keterangan:

^{*)} Beri penjelasan rinci mengenai hasil pengamatan terhadap organ.

E. Pertanyaan

1. Menurut Anda, apakah ada keterkaitan antara struktur daun dengan fungsi daun dari tumbuhan yang Anda amati? Jelaskanlah oleh Anda!
2. Menurut Anda, apakah ada keterkaitan antara struktur batang dengan fungsi batang dari tumbuhan yang Anda amati? Jelaskanlah oleh Anda!
Menurut Anda, apakah ada keterkaitan antara struktur akar dengan fungsi akar dari tumbuhan yang Anda amati? Jelaskanlah oleh Anda!



E. Latihan/Kasus/Tugas

Bagian A

Bacalah terlebih dahulu pernyataan di bawah ini dengan baik, kemudian pilihlah jawaban yang Anda anggap paling benar dengan memberi tanda (x) pada jawaban tersebut.

1. Keberadaan zona meristematik pada akar menyebabkan tumbuhan untuk ...
 - a. Dapat melakukan penyerapan air dari tanah lebih banyak
 - b. Mengembangkan akarnya agar bisa dimodifikasi menjadi akar napas, akar pembelit, dan sebagainya.
 - c. Menambah pertumbuhan akar sehingga lebih masuk ke dalam tanah.
 - d. Memerluas permukaan akar sehingga mudah mencari mineral dan nutrisi
2. Akar yang membantu dalam pelekatan dan pengambilan nutrisi dari inangnya dapat ditemui pada ...
 - a. Akar anggrek
 - b. Akar vanili
 - c. Akar beringin
 - d. Akar pandan
3. Penjelasan berikut ini yang *tidak* tepat terkait dengan perkembangan organ batang adalah ...
 - a. Meristem primer batang menghasilkan tunas apikal dan tunas aksiler.
 - b. Pertumbuhan tunas apikal menghasilkan cabang pohon
 - c. Pertumbuhan tunas apikal dan tunas aksiler membuat pohon semakin tinggi dan bercabang-cabang
 - d. Pertumbuhan tunas aksiler menghasikan cabang pohon.
4. Apabila seorang pekerja kebun menginginkan agar tumbuhan yang ditanamnya tumbuh bercabang ke samping, dan rimbun seperti semak-semak, maka yang harus dilakukannya adalah...
 - a. memperbanyak pupuk dan lebih sering menyiram tumbuhan
 - b. selalu memotong cabang tumbuhan setiap kali tumbuh
 - c. memotong bagian pucuk tumbuhan
 - d. tidak menanam tumbuhan terlalu rapat dalam satu lahan



5. Batang yang mengalami modifikasi dengan tumbuh mendatar dan di dalamnya mengandung banyak senyawa metabolit dapat ditemukan pada ...
 - a. Kentang
 - b. Jahe
 - c. Strawberi
 - d. Bonggol pisang
6. Keberadaan daun pada suatu tumbuhan memiliki beberapa fungsi seperti berikut ini, *kecuali* ...
 - a. Tempat terjadinya pembentukan karbohidrat
 - b. Tempat berlangsungnya pertukaran gas O₂ dan CO₂
 - c. Tempat menyimpan air pada beberapa tumbuhan sukulen
 - d. Dasar bagi identifikasi jenis tumbuhan
7. Modifikasi yang tepat pada daun tumbuhan kaktus bermanfaat untuk ...
 - a. melindungi bunga dari kerusakan
 - b. menarik polinator untuk membantu penyerbukan
 - c. memperluas lokasi terjadinya proses fotosintesis
 - d. mencegah penguapan berlebih saat transpirasi di siang hari

F. Rangkuman

Akar adalah bagian tumbuhan yang pada umumnya tersembunyi karena terletak di dalam tanah. Pada akar terdapat 3 zona, yaitu zona meristematik, zona pemanjangan, dan zona pematangan. Pada tanaman dikotil, struktur akar yang tumbuh membentuk akar tunggang sedangkan pada monokotil struktur akar tumbuh membentuk akar serabut. Akar ada yang mengalami modifikasi. Modifikasi akar tersebut ada yang berfungsi sebagai pendukung fungsi utama akar, yaitu menguatkan posisi batang tumbuhan di atas tanah agar tidak mudah rebah. Namun ada fungsi lain dari modifikasi, misalnya sebagai tempat untuk menyimpan air dan nutrisi, dan untuk menyerap oksigen dari udara.

Batang tumbuhan menopang tegaknya tanaman, menjadikan daun mudah mendapatkan sinar matahari. Batang juga menjadi tempat yang berperan dalam proses pengangkutan mineral dan air dari akar ke daun dan menyalurkan



makanan dari daun ke bagian lain dari tubuh. Di batang terdapat dua tunas yang berasal dari pembelahan meristem primer. Pertama, yaitu tunas apikal (tunas terminal) yang letaknya di ujung batang. Pertumbuhan meristem di tunas apikal membuat batang tumbuh semakin tinggi. Kedua, yaitu tunas aksiler (tunas lateral) yang letaknya di ketiak daun. Pertumbuhan dari tunas aksiler akan menghasilkan cabang. Modifikasi batang antara lain adalah rhizoma, umbi batang, geragih, dan subang.

Daun berwarna hijau menandakan bahwa daun mengandung banyak klorofil yang bertanggung jawab dalam proses fotosintesis. Fotosintesis merubah energi cahaya dari matahari menjadi energi kimia yang tersimpan di dalam bentuk karbohidrat. Di daun juga terjadi proses transpirasi dan gutasi. Meski pada dasarnya daun berfungsi sebagai tempat fotosintesis, tapi beberapa spesies mempunyai daun yang telah mengalami adaptasi sehingga bisa memiliki fungsi tambahan, seperti untuk penyokong, pelindung, penyimpan makanan, atau reproduksi.

G. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

Setelah Anda menyelesaikan soal latihan di atas, Anda dapat menghitung tingkat keberhasilan Anda dengan menggunakan kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silahkan terus mempelajari kegiatan Pembelajaran berikutnya. Tamun jika Anda pencapaian Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan pembelajaran ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: BIOSEL

Sebagai seorang profesional, guru harus menguasai salah satu kompetensi tentang pemahaman konsep-konsep, hukum-hukum, dan teori-teori biologi serta penerapannya secara fleksibel. Biologi merupakan ilmu yang dikembangkan berdasarkan teori-teori yang dikembangkan oleh para ahli. Salah satu teori yang harus dipahami oleh guru adalah teori tentang sel dan struktur tentang makhluk hidup. Teori ini menjelaskan tentang struktur makhluk hidup serta karakteristik yang dimilikinya mulai dari yang strukturnya sederhana sampai dengan yang kompleks. Secara struktural seluruh makhluk hidup disusun oleh sel. Seiring dengan meningkat kekompleksan tubuhnya makhluk hidup tersusun atas jaringan, organ, sistem organ dan individu yang dibentuk oleh berbagai jenis sistem organ. Teori sel berkembang seiring dengan semakin berkembangnya alat-alat bantu untuk mengamati berbagai jenis sel yang menyusun makhluk hidup. Sejarah perkembangan teori sel menjelaskan bagaimana para ahli mengembangkan teori sel sebagai kesatuan struktural, fungsional serta hereditas dari makhluk hidup.

Sejak Robert Hooke berhasil mengamati struktur sel dari sayatan gabus, para ahli mulai berpikir untuk mengetahui lebih dalam tentang struktur sel serta fungsinya bagi makhluk hidup. Apakah seluruh makhluk hidup dibangun oleh sel yang sama? apakah struktur dan fungsi sel pada makhluk hidup sama? bagaimana mengetahui lebih jauh tentang struktur dan fungsi dari sel? Dan bagaimana menjelaskan struktur dan fungsi sel dengan seluruh aktiitas yang terjadi dalam makhluk hidup.

Hasil beberapa pengamatan yang lebih mendalam dari struktur sel yang diawali oleh Antonio van Leuwenhoek serta Robert Hooke telah mendorong para ahli lainnya seperti Theodora Schwann dan rekannya untuk mengembangkan teori



sel. Untuk itu pada modul ini para peserta pelatihan diharapkan dapat memahami tentang perkembangan teori sel serta struktur makhluk hidup mulai dari yang sederhana sampai yang memiliki struktur tubuhnya yang kompleks.

Modul ini diawali dengan pemahaman tentang organisasi makhluk hidup mulai dari tingkat sel, jaringan yang dibentuk oleh sekelompok sel yang memiliki fungsi yang sama, organ yang dibangun oleh beberapa jenis jaringan yang memiliki fungsi dan struktur yang berbeda. Selanjutnya organ-organ yang memiliki fungsi yang berbeda membentuk sebuah sistem organ. Sistem organ pada akhirnya akan membangun sejenis individu khususnya yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Sejarah perkembangan teori sel sejak penemuan sel oleh Robert Hooke melalui sayatan gabus memperkaya pemahaman guru dalam konsep sel dan sejarah perkembangan teori sel.

A. Tujuan

Setiap makhluk hidup dibangun oleh sel. Organisme paling kecil dibangun oleh sebuah sel. Sel-sel yang memiliki bentuk dan fungsi yang sama akan membentuk sebuah jaringan. Selanjutnya jaringan-jaringan yang memiliki struktur dan fungsi yang khas akan membentuk sebuah organ yang memiliki fungsi yang sama. Akhirnya organ-organ pada makhluk hidup yang tingkatannya tinggi akan membentuk sebuah sistem organ dimana beberapa organ yang berbeda fungsinya menciptakan sebuah sistem yang berfungsi mendukung proses kehidupan. Makhluk hidup yang tingkatannya tinggi umumnya membentuk sistem pencernaan, sistem pernapasan, sistem peredaran, sistem ekskresi, sistem gerak, sistem koordinasi (sistem syaraf dan sistem hormon), sistem reproduksi dan sistem integumen.

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan para peserta mampu:

1. Menjelaskan perkembangan teori sel.
2. Menjelaskan struktur sel tumbuhan dan sel hewan
3. Membedakan sel tumbuhan dan sel hewan melalui pengamatan mikroskop
4. Menjelaskan struktur kimia dan fisika dan protoplasma
5. Menjelaskan sifat fisika dan sifat kimia dari sel
6. Menjelaskan komponen kimia yang membentuk struktur sel



7. Memahami mekanisme pengaturan keluar masuk zat melalui membran
8. Melakukan percobaan osmosis dan difusi
9. Menjelaskan struktur dan fungsi sitoskeleton
10. Memberikan contoh molekul-molekul dalam sel yang termasuk ke dalam sitoskeleton
11. Membedakan sitoskeleton mikrotubula, filamen intermediet, dan mikrofilamen
12. Menjelaskan struktur dan fungsi matriks ekstraseluler
13. Memberikan contoh molekul-molekul dalam sel yang termasuk ke dalam matriks ekstraseluler

B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Menjelaskan perkembangan teori sel.
2. Menjelaskan struktur sel tumbuhan dan sel hewan
3. Menggunakan mikroskop untuk membedakan sel tumbuhan dan sel hewan
4. Melakukan praktikum difusi dan osmosis
5. Menjelaskan struktur dan fungsi membran berdasarkan teori mosaik membran
6. Menjelaskan struktur dan fungsi sitoskeleton pada sel

C. Uraian Materi

C.1 Sejarah Perkembangan Konsep Sel

Istilah sel pertama kali digunakan oleh ahli biologi untuk menggambarkan “ruang-ruang kecil” yang ditemukan pada sayatan gabus oleh Robert Hooke. Bagaimana para ahli tertarik untuk mengungkap rahasia makhluk hidup? Khususnya tentang susunan dari makhluk hidup. Siapa dan apa yang pertama kali mendorong rasa ingin tahu Robert Hooke, Schleiden dan yang lainnya sehingga bisa menyimpulkan tentang teori sel. Mari kita telusuri orang-orang yang memiliki sumbangan besar dalam terbentuknya teori sel.

1. Zacharias Jansen

Diawali oleh penemuan Zacharias Jansen, seorang berkewarganegaraan Belanda sekitar tahun 1580-an, yang dibantu ayahnya ketika membuat sebuah



mikroskop sederhana dengan cara meletakkan dua buah lensa cembung pada dua ujung tabung (gambar 3.1). Temuan Zacharian Jansen telah mendorong para ahli lainnya untuk melakukan penelitian lebih lanjut.

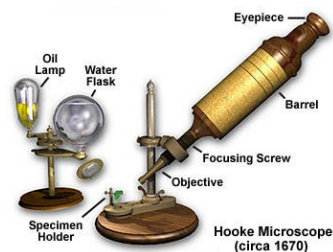


Mikroskop buatan
Zacharias Jansenn

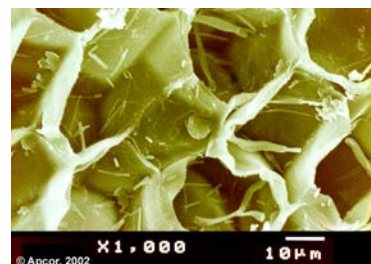
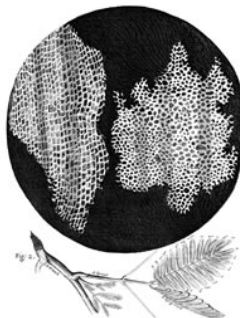
Gambar 3.1. Zacharias Jansen dan mikroskop buatannya.,
(Sumber: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/janssen.html>)

2. Robert Hooke

Seorang ilmuwan dari Inggris, Robert Hooke (1635 - 1703), menemukan “ruang-ruang kecil” dari sayatan gabus yang diamati di bawah mikroskop. Hooke menemukan ruang-ruang kosong (gambar 2) pada sayatan gabus. Ruang-ruang kecil ini oleh Hooke sebut sebagai sel. Sel-sel yang diamati oleh Hooke merupakan sel-sel gabus yang sudah mati. Akan tetapi, Hooke tidak mengetahui dengan pasti apa struktur dan fungsi dari ruang-ruang ini.



Gambar 3.2. Robert Hooke dan Mikroskop yang digunakannya untuk mengamati sayatan gabus.
(Sumber: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/museum/images/hooke.jpg>)





3. Antonio von Leeuwenhoek

Antonio von Leeuwenhoek (1632-1683) seorang berkebangsaan Belanda dan orang yang pertama kali mengamati dan menggambarkan makhluk hidup renik dengan mikroskop sederhana. Diyakini pertama kali Leeuwenhoek melihat bakteri dari kotoran gigi dan protista mirip hewan dari setetes air.

Beberapa temuan penting dari Antonio van Leewenhoek diantaranya adalah Infusoria, sejenis protista pada tahun 1674, Bakteri yang berasal dari mulut manusia, Vakuola, Spermatozoa dan Serat-serat otot.



Gambar 3.4. Antonio von Leeuwenhoek dengan mikroskop sederhana yang digunakannya.

(Sumber : <http://www.vanleeuwenhoek.com/>)

4. Robert Brown (1773 – 1858)

Robert Brown adalah seorang ahli botani dan palaebotanist yang telah memberikan banyak kontribusi penting terhadap perkembangan ilmu botani. Brown juga merupakan seorang pioneer dalam menggunakan mikroskop serta telah member banyak kontribusi pengetahuan tentang inti sel dan gerakan sitoplasma. Gerak Brown adalah gerak pada molekul-mokeul yang terlarut dalam sitoplasma pertama kali ditemukan oleh Robert Brown.



Gambar 3.5. Robert Brown dengan mikroskop yang digunakannya ketika menemukan inti sel dalam sayatan epidermis anggrek



(Sumber: <https://www.anbg.gov.au/biography/biog-pics/brown-robert.jpg>)

5. Dr. Matthias Jacob Schleiden (1804 - 1881)

Seorang Profesor Botani berkebangsaan Jerman dari Universitas Jena, sebagai salah seorang pencetus teori sel bersama-sama dengan Theodor Schwann dan Rudolf Virchow. Schwann menyatakan bahwa bagian-bagian yang berbeda dari tumbuhan disusun oleh sel-sel. Schleiden dan Schwann menjadi orang pertama yang memformulasikan apa yang kemudian oleh orang diyakini bahwa sel sebagai prinsip dasar biologi yang sama pentingnya dengan teori atom bagi kimia dan fisika. Schleiden juga mengetahui pentingnya inti sel dalam proses pembelahan sel yang ditemukan oleh Robert Brown.



Gambar 3.6. Mathias J. Schleiden

(Sumber: <http://www.merke.ch/biografien/images/schleiden.jpg>)

6. Dr. Theodor Schwann (1839)

Berbeda dengan rekannya dari Jerman Schleiden yang menggunakan tumbuhan sebagai objek pengamatannya, Dr Theodor Schwann bekerja sebagai ahli zoologi. Schwann berhasil menunjukkan jaringan hewan secara mikroskopik dan menemukan partikel-partikel yang menarik dalam jaringan syaraf dan otot. Schwann pun telah mengamati sel-sel yang



berhubungan dengan selubung serabut syaraf yang disebut sel-sel Schwann.

Gambar 3.7. Theodor Schwann



(Sumber: <http://www.merke.ch/biografien/images/schwann.jpg>)

Bersama-sama dengan Schleiden, Theodor Schwann menyimpulkan dari hasil observasinya tentang sel sebagai berikut:

- Sel merupakan kesatuan struktural, fisiologis, dan organisasi dari makhluk hidup.
- Sel memiliki eksistensi ganda yaitu sebagai entitas yang berbeda dan sebagai bagian yang membangun organisme.
- Sel terbentuk secara bebas, mirip dengan pembentukan Kristal (*spontaneous generation*).

7. Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821 –1902)

Rudolf Ludwig Karl Virchow seorang dokter Jerman, yang menyatakan sebuah slogan “Omnis cellula e cellula” artinya semua sel hanya berasal dari sel sebelumnya. Pernyataannya ini sekaligus menentang pendapat dari penjelasan Schwann yang ketiga bahwa sel muncul begitu saja seperti kristal (*generatio spontanea*).



Gambar 3.8. Rudolf K Virchow

(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Rudolf_Virchow_NLM3.jpg)

Dari penemuan-penemuan para ahli di atas, teori sel modern saat ini menyimpulkan bahwa:

- Semua makhluk hidup terdiri dari sel-sel.
- Sel adalah unit struktural dan fungsional dari semua makhluk hidup. Semua sel berasal dari sel-sel pra-ada melalui proses pembelahan (Generasi spontan tidak terjadi).
- Sel berisi informasi genetik yang diturunkan dari sel ke sel selama pembelahan sel (Sel pertama adalah pengecualian karena tidak mungkin berasal dari sel sebelumnya yang sudah ada).
- Semua sel pada dasarnya memiliki komposisi kimia yang sama.



- e) Semua aliran energi (metabolisme & biokimia) kehidupan terjadi dalam sel.

Berdasarkan pendapat beberapa ahli di atas, dikembangkan teori sel yang dinyatakan sebagai berikut:

- a) semua organisme dibangun oleh sel-sel.
- b) sel merupakan kesatuan dasar secara struktural dan fungsional dari makhluk hidup, dan
- c) sel berasal dari sel sebelumnya karena sel-sel mampu melakukan reproduksi

C.2 Struktur Sel

Pertama kali istilah sel digunakan untuk menggambarkan ruang-ruang kecil yang diamati dari sayatan gabus oleh Robert Hooke (Gambar 3.9). Temuan-temuan ahli lain memberikan gambaran sel yang lebih lengkap karena semakin canggihnya alat yang digunakan untuk mengamati struktur sel. Mikroskop elektron, salah satu mikroskop yang mampu memberikan gambaran lebih jelas tentang struktur sel yang tidak hanya terdiri atas ruangan yang dibatasi oleh dinding atau membran. Berbagai jenis organel serta partikel-partikel berukuran besar mengisi ruangan sel. Beberapa organel yang diamati langsung diamati dengan mikroskop biasa diantaranya kloroplas dan inti sel.


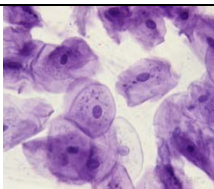
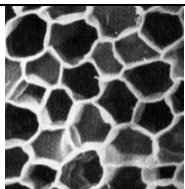
Sel-sel dapat berhubungan satu sama lain membentuk struktur yang baru dan lebih besar dengan fungsi yang sama, kumpulan sel ini disebut sebagai jaringan. Semakin besar makhluk hidup semakin kompleks kebutuhan aktivitas hidupnya sehingga perlu membentuk organ, sistem organ dan sistem individu yang mampu melakukan proses kehidupan yang lebih kompleks. Dalam organisme yang ukurannya besar, sel memiliki tujuan utama sebagai pengorganisasi. Keragaman sel tampak dari tipe sel dan tujuan yang berbeda. Dengan membagi masing-masing tugas pada setiap kelompok sel yang berbeda akan memudahkan organisme untuk tetap hidup dan tumbuh.

Organel-organel dalam sel berdasarkan fungsinya dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu, pertama sebagai **pengontrol** (inti atau *nucleus*), kedua sebagai **pusat penyusunan** (*assembling*), **pengangkutan** (*transport*), dan



penyimpanan (*storage*). Terakhir adalah sebagai tempat pengubahan energi diantaranya adalah mitokondria, dan kloroplas.

Secara struktural sel terdiri atas membran, sitoplasma dan organel yang tersebar di dalam protoplasma. Dengan menggunakan mikroskop biasa ketiga bagian utama sel ini bisa diamati dan dibedakan dengan jelas. Gambar berikut menunjukkan struktur utama sel yang diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya.

Sel epitel bawang	Sel epitel pipi manusia	Sel gabus
		
Gambar 3.9. Berbagai jenis sel pada epitel bawang, epitel pipi dan sel gabus (Sumber: http://www.sciencedawn.com/slider_pictures/Biology/onion.jpg ; http://imgc.allpostersimages.com/images/)		

1. Membran Sel

Membran adalah pembatas sel dengan lingkungan luarnya dan sel terdekat. Membran sel bersifat selektif permeabel terhadap ion-ion dan molekul-molekul kimia. Membran sel secara singkat memiliki fungsi sebagai:

- Transportasi masuk dan keluar
- Reseptor
- Adhesi sel, dan
- Pengenalan (rekognisi)

Bahan utama dari membran sel adalah protein dan lipid atau lemak. Membran protein dan lipid tersusun secara khusus, keduanya bertanggung jawab terhadap isi sel dengan cara menyeleksi komponen yang masuk ke dalam atau ke luar sel.

2. Dinding Sel

Pada sel tumbuhan selain membran sel, terdapat pula pembatas berupa dinding sel. Fungsi utama dari dinding sel bertindak sebagai sebuah pembuluh penahan untuk mencegah pelebaran berlebihan ketika air masuk ke dalam sel. Selain pada tumbuhan, dinding sel dapat ditemukan pada bakteri, jamur dan alga. Hewan dan protozoa tidak memiliki dinding sel.



Selulosa merupakan bahan utama yang paling umum selain pektin, hemiselulosa, lignin dan xylan ditemukan juga pada dinding sel.

Diantara dinding sel terdapat lubang-lubang penghubung yang disebut plasmodesmata. Seringkali sel-sel pada jaringan membentuk sebuah rongga antar sel.

3. *Inti Sel (Nukleus)*

Inti sel atau nukleus merupakan organel paling besar. Inti diselubungi oleh membran inti. Sel prokariotik tidak memiliki membran inti sehingga bahan-bahan inti (*nukleoid*) tersebar dalam sitoplasma. Bahan inti mengandung informasi genetik berupa Asam deoksiribosanukleat (ADN). Selain ADN terdapat juga asam ribosanukleat (ARN).

4. *Retikulum Endoplasma*

Retikulum endoplasma berarti jaringan-jaringan halus dalam sitoplasma yang tugasnya adalah mentransportasi bahan-bahan dengan cepat dari satu tempat ke tempat lain dalam sel. Fungsi retikulum endoplasma bervariasi. Fungsi Retikulum Endoplasma Halus (REH):

Sintesis lipid (lemak, fosfolipid, steroid pembentuk hormone seks dan adrenalin),

Fungsi retikulum endoplasma kasar (REK):

Membuat sekresi protein, misalnya insulin yang dibuat oleh sel-sel Langerhans pada pancreas. REK merupakan pabrik membran dengan cara menambahkan protein dan fosfolipid

5. *Ribosom*

Ribosom merupakan tempat berlangsungnya sintesis protein. Ribosom banyak menempel pada retikulum endoplasma atau tersebar dalam sitoplasma. REK banyak ditempeli oleh ribosom. Ribosom terdiri dari satu unit besar dan satu unit kecil. Ribosom berisi alur yang memandu rantai polipeptida dan alur lain yang memegang molekul mRNA.

6. *Kompleks Golgi*

Kompleks Golgi tersusun atas banyak kelompok sisterna halus, setiap sisterna berbentuk cakram membentuk suatu susunan seperti susunan piring



Kompleks Golgi berisi banyak sekali vesikula yang digunakan untuk mengirim molekul-molekul membran atau untuk disekresikan. Kompleks Golgi ditemukan dalam sel tumbuhan dan hewan. Badan golgi pada sel tumbuhan kadang-kadang disebut **diktiosom**.

7. **Lisosom**

Lisosom ditemukan di sel-sel hewan, Lisosom mencerna kelebihan organel atau organel yang sudah aus, partikel makanan, dan menelan virus atau bakteri. Kurang lebih 40 jenis enzim lisis terkandung dalam lisosom, beberapa diantaranya berupa protease, nuclease, dan fosfolipase. Enzim-enzim diproduksi dalam retikulum endoplasma dan diangkut ke dalam lisosom oleh kompleks Golgi dengan menggunakan vesikula.

8. **Mitokondria**

Mitokondria adalah “mesin energi”nya sel. Jumlah mitokondria dalam setiap sel beragam, tergantung pada fungsi sel. Sel otot dan sel sperma memiliki jumlah mitokondria yang sangat banyak. Mitokondria dan kloroplas memiliki membran ganda, keunikan mitokondria dan khloroplast adalah ditemukannya DNA. Mitokondria terdiri atas 4 bagian utama yaitu: membran luar, ruang antar membran, membran dalam dan matriks.

Membran luar. Terdiri atas sejumlah besar protein traspor, yang memudahkan masuknya molekul-molekul besar ke dalam.

Ruang antar membran. Ruangan ini berisi enzim-enzim yang mengkatalisis pembentukan ATP melalui fosforilasi oksidasi.

Membran dalam. Bagian ini mengalami lipatan-lipatan sehingga membentuk krista. Membran ini memiliki tiga jenis protein utama.

Matriks merupakan tempat terjadinya Siklus Krebs. Bagian ini berisi beberapa duplikat dari ADN mitokondria, ribosom mitokondria, ARN transfer, dan berbagai macam enzim yang diperlukan untuk mengekspresikan gen-gen mitokondria.

9. **Kloroplas**

Kloroplas, merupakan organel yang bertanggung jawab untuk fotosintesis. Kloroplas hanya dimiliki oleh sel tumbuhan. Secara struktural mirip dengan mitokondria. Memiliki membran luar dan membran dalam, ruang antar



membran dan stroma. Membran dalam berisi sistem penyerapan cahaya, rantai transport elektron, ATP sintetase dan bagian membran yang membentuk serangkaian cakram-cakram yang disebut *tilakoid*.

10. *Sitoskeleton*

Sitoskeleton merupakan suatu serat atau filamen protein yang terdapat dalam sitoplasma yang berfungsi untuk mengubah bentuk, menggerakkan organel atau untuk berpindah dari satu tempat ke tempat lain.

11. *Vakuola*

Vakuola banyak ditemukan pada sel tumbuhan. Vakuola ini bertanggung jawab untuk memelihara bentuk dan struktur dari sel. Bertambahnya ukuran sel-sel tumbuhan tidak diimbangi dengan bertambahnya sitoplasmanya, akibatnya terjadi ruang kosong, yaitu vakuola. Fungsi dan peran vakuola sangat bervariasi sesuai dengan jenis sel di mana mereka ada. Secara umum, fungsi vakuola antara lain:

- a) Mengisolasi bahan-bahan berbahaya
- b) Berisi sampah metabolisme dan membuangnya dari sel
- c) Mempertahankan tekanan dan pH sel
- d) Mempengaruhi bentuk sel

Tekanan sel dipertahankan melalui proses osmosis. Air berdifusi ke dalam vakuola dan menekan dinding sel. Tekanan ini mampu menekan kloroplas mendekati dinding sel sehingga lebih banyak memperoleh cahaya. Vakuola bisa ditemukan baik pada sel tumbuhan atau sel hewan.

C.2.1 Perbedaan Sel Tumbuhan Dan Sel Hewan

Sel tumbuhan dan hewan memiliki beberapa persamaan dan perbedaan. Sel tumbuhan dan sel hewan keduanya merupakan tipe eukariotik adalah salah satu persamaan kedua jenis sel. Adapun perbedaan yang ditunjukkan oleh sel tumbuhan dan sel hewan diantaranya adalah beberapa organel yang dimiliki kedua jenis sel tidak sama, misalnya dinding sel dan kloroplas yang dimiliki sel tumbuhan tidak dimiliki oleh sel hewan serta bentuk sel pada tumbuhan relatif teratur dan tidak berubah sementara sel hewan umumnya bentuknya tidak



teratur. Untuk lengkapnya perbedaan sel tumbuhan dan sel hewan dapat dipelajari pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1. Perbedaan Sel Tumbuhan dan Sel hewan

No.	Sel Tumbuhan	Sel Hewan
1	Umumnya sel tumbuhan berukuran lebih besar.	Sel hewan biasanya memiliki ukuran lebih kecil.
2	Sel tumbuhan dibatasi oleh pembatas yang bersifat kaku (rigid) berbahan selulosa disebut dinding sel sebagai tambahan dari membran sel.	Sel hewan diselaputi oleh membran tipis yang fleksibel disebut membran sel.
3	Bentuknya tidak dapat berubah.	Sel hewan dapat berubah bentuknya.
4	Plastida ditemukan pada sel tumbuhan	Biasanya sel hewan tidak memiliki plastida.
5	Sel tumbuhan yang sudah tua memiliki vakuola utama yang berukuran besar	Vakuola berukuran kecil seringkali ditemukan pada sel-sel hewan.
6	Letak inti biasanya pada bagian pinggir sitoplasma.	Letak inti umumnya ada pada bagian tengah.
7	Sentriol biasanya tidak ditemukan kecuali pada sel-sel yang dapat bergerak, khususnya tumbuhan rendah.	Terdapat Sentriol.
8	Lisosom jarang ditemukan	Lisosom selalu ditemukan dalam sel hewan
9	Glioksisom dapat ditemukan	Tidak ditemukan glioksisom
10	Bentuk hubungan antar sel berbentuk <i>tigh junction</i> dan <i>desmosom</i> tidak ditemukan namun ditemukan plasmodesmata.	<i>Tight junction</i> dan <i>desmosome</i> ditemukan diantara sel dan plasmodesmata tidak ditemukan.
11	Cadangan makanan biasanya	Bentuk cadangan makanan



	dalam bentuk tepung.	biasanya berbentuk glikogen.
12	Sel tumbuhan mensintesis semua asam amino, koenzim dan vitamin yang diperlukannya.	Sel hewan tidak mensintesis semua asam amino, koenzim dan vitamin yang dibutuhkannya.
13	Benang-benang spindel dibentuk selama proses pembelahan. Tidak ditemukan bintang spindel pada setiap sudut.	Benang-benang spindel dibentuk selama pembelahan sel. Terdapat bintang spindel pada setiap sudut.

(Sumber: <http://www.biologyexams4u.com/2013/02/difference-between-plant-cell-and.html#.Vom7MPmLS01>)

Sel yang hidup merupakan tempat terjadinya ribuan reaksi kimia yang menghasilkan proses-proses kehidupan. Secara kimiawi, sel disusun oleh senyawa-senyawa an organik maupun senyawa organik. Senyawa organik menurut kamus Encarta (Microsoft Encarta, 2009) adalah kelompok senyawa karbon yang memiliki rantai atau cincin atom yang terikat pada atom hydrogen terkadang dengan oksigen, nitrogen dan unsur-unsur lain. Senyawa organik pada makhluk hidup merupakan sumber energi, bahan penyusun ataupun sebagai bahan untuk proteksi atau perlindungan.

Temuan protoplasma oleh Purkinje memberikan gambaran lebih lengkap tentang struktur sel sebagai dasar kehidupan. Istilah protoplasma berasal dari bahasa Greek, *protos* artinya pertama dan *plasma* diartikan sebagai sesuatu yang dibentuk, atau yang pertama kali dibentuk. Protoplasma merupakan material dari embrio hewan dan von Mohl pada tahun 1846 menggunakan istilah ini untuk menggambarkan isi dari sel tumbuhan. Selanjutnya Huxley (1868) menyebut protoplasma sebagai struktur dasar fisik kehidupan.

Protoplasma secara umum dianggap sebagai substansi albumin yang berisi karbon, hidrogen, oksigen dan nitrogen dalam bentuk yang sangat kompleks dan kombinasi molekuler yang tidak stabil dimana pada kondisi yang cocok mampu menunjukkan fenomena-fenomena vital seperti gerakan secara spontan, sensasi, asimilasi dan reproduksi. Protoplasma bersifat *uniform* dan sama dalam



penampakan serta ciri-cirinya misalnya semitransparan, keabu-abuan, kental, menyerupai lendir dan bahan semifluid. Semua sel tersusun atas protoplasma. Sejarah penemuan protoplasma dapat digambarkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.2. Riwayat penemuan protoplasma

Penemu	Keterangan
Alfonso Corti (1772)	Pertama kalinya mengamati protoplasma
Felix Dujardin (1835)	Mempelajari substansi mirip jelli dalam protozoa dan disebutnya <i>Sarcode</i>
J.E. Purkinje (1840)	Menggunakan istilah protoplasma sebagai substansi makhluk hidup.
Hugo von Mohl (1846)	Istilah protoplasma digunakan untuk menggambarkan konten dari sel-sel embrionik tumbuhan.
Max Schultze (1863)	Menyatakan bahwa protoplasma merupakan struktur dasar dari kehidupan.
Hanstein (1880)	Mengusulkan istilah protoplast untuk sekelompok massa dalam protoplasma tanpa dinding sel.
O. Hertwig (1892)	mengajukan teori protoplasma menurutnya semua materi hidup adalah protoplasma, baik dalam tumbuhan maupun hewan.
Fisher, Hardy and Wilson (1916)	Menyajikan teori koloid dari protoplasma.

C.2.2 Sifat-Sifat Fisik Protoplasma

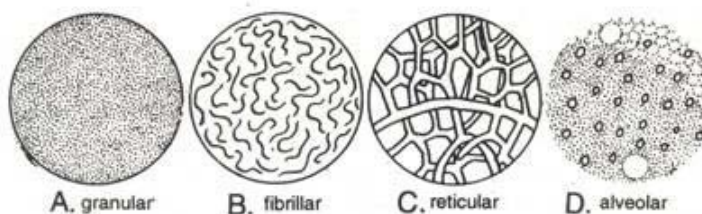
1. Protoplasma merupakan sistem Koloid

Di bawah mikroskop protoplasma tampak berbentuk cairan homogen yang jernih disebut hyaloplasma, dimana di dalamnya tersebar berbagai jenis bentuk butiran, kantung-kantung kecil (globul). Hialoplasma dikenal sebagai kinoplasma atau sitoplasma.

Para ahli berpendapat bahwa protoplasma merupakan sistem koloid. Ada dua teori yang menjelaskan protoplasma sebagai koloid, teori **sistem koloid lama** yaitu glubolar, alveolar, retikular dan granular dan **teori sistem koloid modern** diusung oleh RA Fisher, Hardy dan Wilson.



Menurut teori Granular (Altmann, 1892), protoplasma terdiri atas sejumlah butiran-butiran halus yang tersebar secara uniform dalam medium fluida yang homogen. Teori alveolar (Butschli, 1892), menyatakan bahwa protoplasma terdiri atas gelembung-gelembung atau alveoli fluida yang terdistribusi dalam fluida yang memiliki kepadatan yang lebih tinggi. Teori Fibriler (Fisher, 1894) dan Flemming (1897) menyatakan bahwa protoplasma terdiri sejumlah serat-serat halus atau struktur mirip benang yang tersebar dalam media fluida. Teori terakhir adalah retikular teori (Hanstein, Klein dan Carnoy) menyatakan bahwa protoplasma terdiri atas sejumlah serat-serat halus yang membentuk sebuah jaringan atau retikular dalam media fluida.



Gambar 3.10. Berbagai bentuk teoritis protoplasma
(Sumber: http://cdn.yourarticlelibrary.com/wp-content/uploads/2013/08/clip_image00223.jpg)

Teori Koloidal Modern

Adalah teori protoplasma modern yang digagas oleh RA Fisher (1894), Hardy (1899) dan Wilson (1916). Menurut mereka protoplasma terdiri atas matriks fluid atau bahan dasar (fase liquid) dan fase dispersi dari *granula* dan *globule*. Partikel-partikel padat dan semipadat memiliki kisaran diameter antara 0.001μ - $0,1 \mu$ ($1 \mu = 1/1000 \text{ mm}$). Ukuran partikel-partikel ini terlalu besar untuk membentuk suspensi dan terlalu kecil untuk membentuk larutan, kondisi ini menyebabkan terbentuknya sebuah matrik yang berbentuk *sistem koloid*. Sistem koloid ini memiliki dua fase, yaitu *fase cair* (sol) dimana koloid protoplasma banyak mengandung air dan ion-ion anorganik yang terlarut, garam dan molekul-molekul berukuran kecil. *Fase terdispersi* (gel) memiliki molekul-molekul berukuran besar seperti, protein, lemak, karbohidrat. Kedua fase ini bisa bergantian karena sifat alami dari koloid.

$$\text{GEL} \rightleftharpoons \text{SOL}$$



Apakah perbedaan antara larutan, koloid dan suspensi? Ada beberapa faktor yang membedakan ketiga jenis campuran di atas yaitu ukuran partikel terlarut, penampakan partikel, penampakan campuran dan kemampuan menyaring atau memfilter. Secara umum digambarkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.3. Perbedaan larutan, koloid dan suspensi

No.	Ciri	Bentuk Campuran		
		Larutan	Koloid	Suspensi
1	Ukuran partikel	Kurang dari 1 nm	Antara 1–1000 nm	Lebih besar dari 100 nm
2	Sifat alami	Homogen	Heterogen	Heterogen
3	Penampakan partikel	Tidak tampak	Tampak di bawah mikroskop	Tampak dengan mata telanjang
4	Penampakan campuran	Transparan	Umumnya transparan tetapi bisa juga translucens	Opak
5	Kemampuan menyaring	Mudah melewati kertas saring dan membran sel	Mudah menembus kertas saring tetapi tidak bisa menembus membran sel	Tidak bisa menembus kertas saring maupun membran sel
6	Pengaruh gravitasi pada partikel	Partikel tidak diam	Partikel tidak dipengaruhi oleh gravitasi, tetapi bisa diendapkan dengan sentrifuge	Partikel dalam kondisi diam
7	Difusi partikel	Berdifusi dengan cepat	Berdifusi dengan perlahan	Tidak berdifusi
8	Kemampuan menyebarkan cahaya	Tidak menyebarkan cahaya	Menyebarkan cahaya dan memiliki efek Tyndall	Efek Tyndall mungkin dihambat
9	Contoh	Larutan gula, spiritus, garam, cuka, udara, air laut	Sabun, susu, santan, jeli, selai, mentega dan mayonais	Air sungai keruh, campuran air dan pasir, air kopi, minyak dgn air

2. Protoplasma merupakan struktur yang kurang ber-massa

Di bawah mikroskop, protoplasma tampak sebagai struktur yang tidak mengandung apapun. Akan tetapi pada sel hewan, tidak pernah tampak tanpa struktur, dan protoplasmanya dapat dibedakan dengan tampaknya berbagai jenis bagian yang membentuk berbagai jenis organel. Meskipun matriks protoplasma tampak tidak memiliki struktur yang visibel namun di dalamnya bisa tampak butiran-butiran serta vakuola. Pada beberapa bagian sel lainnya, protoplasma tampak tidak berisi apapun. Secara optik,



protoplasma tampak seluruhnya homogen, misalnya pada Pseudopodia dari Sarcodina.

3. Memiliki sifat kohesi

Berbagai jenis partikel terlarut dalam protoplasma. Partikel-partikel ini berbeda dalam jenis dan ukuran. Molekul-molekul ini terikat secara lemah oleh sebuah ikatan yang disebut ikatan van der Waals.

4. Memiliki sifat kontraktile

sifat lain dari protoplasma adalah bersifat kontraktile. Sifat ini dapat diamati pada sel-sel stomata tumbuhan dan sifat ini sangat penting dalam penyerapan dan pembuangan air yang ada dalam sitoplasma. Vakuola kontraktile pada kelompok protozoa merupakan salah satu contohnya.

5. Memiliki sifat kental (viskositas)

Ciri protoplasma yang penting untuk protoplasma adalah fenomena-fenomena adanya gerak Brown, gerak amuba dan adanya aliran sitoplasma.

a. Memiliki sifat gerak Brown

Sifat ini ditandai dengan adanya gerakan zig-zag dari partikel-partikel koloid yang tersuspensi. Gerakan ini terjadi karena adanya peristiwa tumbukan satu partikel atau molekul pada yang lainnya. Tipe gerakan partikel ini pertama kali diamati oleh Robert Brown (1987) dalam larutan koloid dan sejak itu gerakan ini dikenal sebagai gerak Brown. Gerakan ini dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka semakin meningkat gerakannya hal ini dikarenakan menurunnya viskositas atau kekentalan. Hal ini menunjukkan bahwa kekentalan sitoplasma menunjukkan kondisi protoplasma yang menunjukkan kondisi gel dan kekentalan rendah kondisinya mirip kondisi sol.

b. Gerak amuba

gerak amuba ini merupakan salah satu gerakan yang sering ditunjukkan oleh Amoeba dan protozoa lainnya. Gerakan ini pada dasarnya akibat dari kekentalan protoplasma. Perubahan yang terus menerus dari gel – sol atau sebaliknya bertanggung jawab dalam terbentuknya gerakan ini.



c. Aliran sitoplasma atau siklosis

Gerakan ini ditemukan pada *Paramecium* atau sel *Hydrilla*. Penyebab gerakan sitoplasma ini belum jelas diketahui, tetapi apabila ada penurunan dalam metabolisme sel, maka pengurangan dalam siklosis. Sebaliknya meningkatnya metabolisme menyebabkan peningkatan dalam aliran sitoplasma.

6. Memiliki tegangan permukaan

Tegangan permukaan merupakan salah satu sifat dari protoplasma. Senyawa lemak, protein yang ada dalam sitoplasma tegangan permukaannya kecil sehingga mereka ditemukan pada bagian permukaan membentuk membran. Sebaliknya bahan-bahan kimia seperti NaCl dan senyawa lainnya memiliki tegangan permukaan yang besar sehingga mereka berada lebih dalam dalam protoplasma sel.

C.2.3 Sifat Kimia Protoplasma

Secara kimiawi, protoplasma merupakan alkali lemah. Protoplasma dapat larut dalam alkali dan asam tetapi akan mengalami penggumpalan ketika diberi lingkungan yang asam kuat atau alkohol. Protoplasma sangat tidak stabil dan akan mengalami perubahan menjadi air, NH_3 dan CO_2 ketika mengalami analisis kimia.

Berdasarkan hasil analisis kimia terhadap protoplasma ditemukan kurang lebih 36 bagian atau elemen ditemukan dalam protoplasma. 13 elemen ditemukan dalam jumlah yang sangat banyak dan bersifat universal. Ketiga belas element ini diantaranya adalah C, H, O, N, Cl, Ca, P, Na, K, S, Mg, I, Fe. Karbon, hidrogen, nitrogen dan oksigen ditemukan dalam jumlah besar dalam protoplasma hampir 95% dari seluruh materi yang ada dalam makhluk hidup. Semua elemen ini disebut sebagai unsur makro. Elemen-elemen sisanya, 23 elemen, merupakan unsur mikro, jumlahnya sangat kecil kurang lebih 0,38% diantaranya adalah, tembaga, kobalt, Mangan, Besi, Khrom, Molibdenum, Boron, Si, Vanadium, Ni, F, Selenium.

Berdasarkan hasil analisis diperoleh komposisi senyawa organik dan anorganik dalam protoplasma seperti terlihat pada tabel 2 berikut:



Tabel 3.4. Komposisi senyawa organik dan anorganik pada protoplasma

No.	Senyawa Anorganik	Jumlah	No.	Senyawa Organik	Jumlah
1	Air	70-90%	1	Protein	10-15%
2	Ion (garam, asam, basa, gas)	1%	2	Lemak	2%
			3	Karbohidrat	3%
			4	Asam Nukleat	5-7%

Tabel 3.5 berikut ini menunjukkan perbandingan kandungan unsur pada makhluk hidup dengan yang ada pada protoplasma makhluk tak hidup, kulit bumi.

Tabel 3.5 Perbandingan kandungan unsur-unsur pada protoplasma dengan kulit bumi

Perbandingan elemen yang ada dalam makhluk hidup dan makhluk tak hidup		
Elemen	% berat	
	Kulit bumi	Tubuh manusia
Hidrogen (H)	0.14	0.5
Karbon (C)	0.03	18.5
Oksigen (O)	46.6	65.0
Nitrogen (N)	Sedikit sekali	3.3
Sulfur (S)	0.03	0.3
Sodium (Na)	2.8	0.2
Kalsium (Ca)	3.6	1.5
Magnesium (Mg)	2.1	0.1
Silikon (Si)	27.7	

Elemen-elemen di atas biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa, tidak dalam bentuk bebas. Fosfat, misalnya, ditemukan dalam bentuk asam fosfat, Karbon, Hidrogen dan Oksigen ditemukan dalam senyawa protein, lemak, karbohidrat dan senyawa asam nukleat.

1. Senyawa An organik

a. Air

Senyawa organik yang paling banyak dalam protoplasma adalah senyawa air. Dari tabel analisis protoplasma ditemukan bahwa air merupakan komponen paling utama yang membentuk protoplasma. Hal



ini menunjukkan bahwa air merupakan komponen yang sangat penting untuk makhluk hidup. Air bersifat transparan, tidak berwarna dan tidak berbau. Memiliki tegangan permukaan yang tinggi, densitasnya maksimum 4°C , membeku pada suhu 0°C dan mendidih pada suhu 100°C . Air dibentuk oleh satu unsur oksigen dan 2 unsur hidrogen, kedua atom oksigen.

Adanya ikatan hidrogen, molekul air saling berikatan. Tanpa adanya ikatan hidrogen ini, air dapat meleleh pada suhu -100°C dan mendidih pada suhu -90°C sehingga membuat air di permukaan bumi menjadi panas, dan tidak memungkinkan ditempati makhluk hidup. Tetapi karena adanya ikatan hidrogen, air berwujud air pada permukaan bumi. Pada suhu 0°C air mencair, dan mendidih pada suhu 100°C . Sifat-sifat unik dari air ini sangat penting keberadaannya untuk makhluk hidup. Alasan inilah, mengapa para ahli mencari kehidupan di planet lain dengan menemukan tanda-tandanya adanya air. Air dapat berwujud padat, cair atau gas pada temperatur lingkungan. Pada suhu dan tekanan ruangan air berwujud cair. Ketika air didinginkan dan menjadi padat, akan mengeluarkan panas dan panasnya membantu menjaga temperatur lingkungan lebih tinggi yang diharapkan. Sebaliknya ketika air menguap, air akan mengambil sejumlah panas dari lingkungan untuk mengubah wujudnya dari cair menjadi gas. Hal ini memberikan penjelasan ketika tubuh mengeluarkan keringat maka hal ini membantu tubuh menjaga suhu dalam rentang normal.

Air memiliki fungsi yang sangat penting bagi makhluk hidup, diantaranya:

- 1) Merupakan komponen struktural yang penting.
- 2) Merupakan media ideal untuk terjadinya reaksi kimia, dan merupakan pelarut universal.
- 3) Sejumlah sampah metabolisme dikeluarkan dalam bentuk larutan dimana air sebagai pelarutnya.
- 4) Air menjaga permukaan jaringan dan organ tetap lembab.
- 5) Air bekerja sebagai fase dispersi pada sistem koloid protoplasma.



b. Garam Mineral

Garam mineral merupakan komponen anorganik yang ditemukan dalam protoplasma dan memiliki peranan yang sangat penting dalam iritabilita dan konduktivitas protoplasma. Setiap mineral memiliki fungsi yang berbeda dan khas. Tabel 3.6 menjelaskan masing-masing fungsi dari garam mineral.

Tabel 3.6. Berbagai jenis Unsur dalam protoplasma beserta fungsinya

Mineral	Fungsi
Kalsium	Penting untuk pembentukan tulang serta gigi
Fospor	Fospor merupakan komponen penting untuk fosfolipid yang membentuk membran dan sebagai bahan struktural untuk ADN dan ARN.
Sulfur	Merupakan komponen dua buah asam amino yang berperan dalam polimerisasi beberapa struktur protein.
Besi	Kombinasi senyawa besi dengan pigmen porfirin menghasilkan hemin yang menjadi komponen dari hemoglobin dalam sel darah merah dan mioglobin dalam sel otot.
Magnesium	Kombinasi pigmen porfirin dengan magnesium adalah pigmen hijau, klorofil, pada tumbuhan.
Yodium	Merupakan komponen dari tiroksin pada kelenjar tiroid
Tembaga	Merupakan komponen dari haemosianin yang berfungsi sebagai pigmen respirasi dalam invertebrate
Mangan	Merupakan kofaktor dalam enzim-enzim
Kobalt	Komponen dari B12. Kekurangan B12 menyebabkan anemia.
Na, K, Cl	Ion-ion ini bertanggung jawab dalam menjaga osmolaritas sitosol dan cairan ekstraseluler

c. Asam dan Basa

Asam selalu berhubungan dengan ion hidrogen atau H^+ . Molekul air dapat mengalami pemisahan dan membentuk ion. Molekul air yang



kehilangan hidrogennya akan menjadi ion (OH^-). Ion yang kehilangan hidrogen akan membentuk hidronium (H_3O^+). Secara sederhana hidronium digambarkan sebagai ion H^+ . Dalam air murni jumlah ion-ion hidrogen dan ion-ion hidroksida jumlahnya sama. Asam adalah zat yang mendonasikan ion hidrogen. Oleh karena itu, ketika bahan bersifat asam larut dalam air, keseimbangan antara ion hidrogen dan ion hidroksida berubah. Larutan memiliki lebih banyak ion hidrogen daripada ion hidroksida, kondisi larutan ini disebut asam. Basa merupakan zat yang menerima ion hidrogen. Oleh karena itu, ketika bahan bersifat basa dilarutkan dalam air, keseimbangan antara ion hidrogen dan ion hidroksida berubah. Larutan yang memiliki lebih banyak ion hidroksida disebut larutan basa atau bersifat alkalin. Protoplasma merupakan sistem koloid yang banyak mengandung ion-ion yang terarut di dalamnya sehingga protoplasma memiliki tingkat keasaman atau pH. Semua sel berisi cairan intraseluler yang memiliki nilai pH. pH memiliki peranan penting dalam fungsi sel, dan regulasi diperlukan oleh sel untuk tetap hidup. pH intraseluler nilainya berkisar antara 6, 8 dan 7,4, setiap sel memiliki kisaran pH yang berbeda.

d. Gas

Selain bahan-bahan padat dan air, protoplasma pun mengandung berbagai jenis gas. Gas dalam sel bisa berasal dari luar atau sebagai hasil sampingan dari metabolisme sel. Ada empat jenis utama gas dalam protoplasma yang larut dalam air yaitu karbondioksida, oksigen, nitrogen dan hidrogen. Karbon dioksida digunakan dalam sintesis urea dan penguraian oksihemoglobin. Oksigen digunakan selama proses oksidasi zat makanan sumber energi.

2. Senyawa Organik

Di dalam Wikipedia dijelaskan bahwa senyawa organik merupakan kelompok besar senyawa yang bisa berbentuk padat, cair atau gas yang molekulnya mengandung unsur karbon (C), meskipun tidak semua senyawa yang mengandung unsur karbon dikategorikan ke dalam senyawa organik, misalnya CO_2 dan sianida. Umumnya unsur karbon ini berikatan secara kovalen terhadap unsur-unsur lain misalnya hidrogen, oksigen atau



nitrogen. Ikatan utama pada senyawa organik biasanya berbentuk ikatan antara C-C atau C-H. Dalam keadaan normal senyawa organik tersuspensi atau terlarut dalam air yang ada dalam protoplasma. Senyawa organik sering didefinisikan pula sebagai senyawa yang hanya dihasilkan oleh makhluk hidup.

Ada beberapa jenis senyawa organik yang ditemukan dalam protoplasma, yaitu:

- 1) Karbohidrat
- 2) Asam amino dan Protein
- 3) Lemak
- 4) Asam nukleat
- 5) Enzim
- 6) Hormon
- 7) Vitamin

1) Karbohidrat

Senyawa karbohidrat sering disebut juga gula, dibentuk oleh tiga unsur utama yaitu C, H, dan O. Karbohidrat merupakan turunan dari aldehid dan keton. Aldosa merupakan karbohidrat yang gugus fungsionalnya berupa aldehid sedangkan ketosa adalah karbohidrat yang memiliki gugus fungsional berbentuk keton.

Karbohidrat merupakan sumber energi utama untuk makhluk hidup. Selain itu karbohidrat pada kebanyakan tumbuhan merupakan komponen penting untuk pembentukan dinding sel dan berfungsi sebagai unsur penyokong. Jaringan hewan memiliki lebih sedikit karbohidrat. Di dalam protoplasma ditemukan tiga jenis karbohidrat utama yaitu monosakarida, oligosakarida dan polisakarida. Monosakarida dan oligosakarida umumnya larut dalam air dan sering dinamakan sebagai gula. Gula ini mudah dikristalisasi dan mampu menembus membran pada saat dialisis. Sebaliknya polisakarida umumnya tidak bisa dikristalisasi dan tidak bisa menembus membran. Karbohidrat menyediakan hampir 55 – 65% kebutuhan energi total yang diperlukan oleh tubuh dimana setiap gramnya mengandung 4.1 Kcal. Ketika jumlah karbohidrat berlebih di dalam tubuh, maka akan disimpan



dalam hati atau otot, biasanya dalam bentuk glikogen atau gula otot atau gula hati. Dengan menggunakan bagan, berbagai jenis dan contoh dari karbohidrat dapat dipelajari pada bagan di bawah.

a. Monosakarida

Monosakarida merupakan gula sederhana dan merupakan karbohidrat yang ukurannya paling kecil dan paling sederhana strukturnya. Umumnya terasa manis, tidak berwarna dan dapat membentuk kristal yang dapat larut di dalam air. Formula umum dari monosakarida ditulis dengan rumus:



Senyawa monosakarida tidak mengalami hidrolisis akan tetapi mengalami oksidasi sehingga dapat menghasilkan CO_2 dan H_2O . Biasanya monosakarida memiliki atom C berjumlah antara 3 – 7 atom karbon. Berdasarkan jumlah atom C-nya, monosakarida dikelompokkan menjadi triosa (3 atom C), tetrosa (4 atom C), Pentosa (5 atom C), hexosa (6 atom C), dan Heptosa (7 atom C). Berdasarkan gugus fungsionalnya dikenal sebagai aldosa, gugus fungsionalnya berbentuk aldehyd, dan ketosa, gugus fungsionalnya berbentuk keton.

Beberapa jenis Monosakarida penting:

- 1) Glukosa, sering disebut juga dekstroza karena bersifat dextrorotary, gugus fungsionalnya berbentuk aldehyd -CHO
- 2) Fruktosa, bersifat levorotatory, disebut juga levulose, memiliki gugus fungsional berbentuk keton $C=O$. Banyak ditemukan dalam madu dan buah-buahan manis sehingga disebut gula buah. Fruktosa merupakan sumber energi utama untuk sperma dan semen.
- 3) Galaktosa, monosakarida ini tidak ditemukan dalam bentuk bebas. Di dalam tubuh mamalia ditemukan dalam susu. Galaktosa ditemukan juga sebagai komponen galaktolipid misalnya pada serebrosid dan gangliosid.
- 4) Manosa, tidak ditemukan dalam bentuk bebas. Terdapat dalam albumin dan dalam kayu sebagai komponen hemiselulosa.



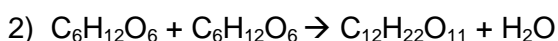
- 5) Ribosa dan deoksiribosa, banyak ditemukan dalam asam nukleat. ATP, NAD, FAD, FMN, Vit B₂

b. Oligosakarida

2 – 10 monosakarida berkondensasi akan membentuk oligosakarida. Monosakarida yang membentuk oligosakarida dihubungkan melalui ikatan glikosida ketika gugus fungsional aldehid dan keton dari monosakarida bereaksi dengan gugus alkohol membentuk ikatan glikosida dengan melepaskan satu molekul H₂O selama pembentukan ikatannya.

Beberapa tipe oligosakarida di antaranya adalah disakarida, trisakarida dan tetrasakarida. Disakarida dibentuk oleh dua molekul monosakarida misalnya sukrosa, maltosa dan laktosa.

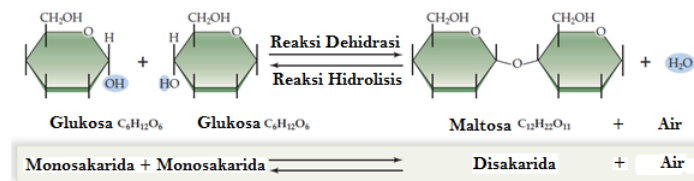
- 1) Sukrosa (gula tebu atau gula pasir). Sukrosa diperoleh dari tanaman tebu atau bit. Sukrosa merupakan gula komersil dan merupakan produk kelebihan fotosintesis pada tanaman. Sukrosa merupakan disakarida hasil ikatan 1 molekul glukosa dan 1 molekul fruktosa dengan cara melepaskan satu molekul air.



- 3) Laktosa (Gula susu). Ditemukan di alam dalam susu mamalia. Laktosa disebut juga sebagai gula reduksi yang dibentuk dalam kelenjar susu mamalia melalui kondensasi satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa.

- 4) Maltosa. Ditemukan dalam biji yang sedang berkecambah. Maltosa dibentuk oleh kondensasi dua molekul glukosa.

Senyawa maltosa dibentuk oleh dua molekul glukosa. Ikatan dua molekul glukosa dengan menghasilkan air dapat menghasilkan senyawa disakarida maltosa. Proses pembentukan dan pemecahan maltosa digambarkan pada gambar berikut:



Gambar 3.11 Proses pembentukan dan pemecahan maltosa

c. Polisakarida

Polisakarida merupakan bentuk polimer dari monosakarida. Beberapa bentuk polisakarida berfungsi sebagai cadangan energi jangka pendek. Ketika organisme membutuhkan energi, senyawa polisakarida dipecah untuk menghasilkan molekul gula. Bentuk helik pada polisakarida akan mengalami hidrolisis oleh enzim.

Tumbuhan menyimpan glukosa dalam bentuk tepung. Sel-sel kentang yang berisi butiran dimana tepung disimpan selama musim semi sampai energi dibutuhkan untuk tumbuh di musim semi. Senyawa tepung memiliki dua bentuk yaitu dalam bentuk amilose (tidak bercabang) dan amilopektin (bercabang). Ketika polisakarida bercabang maka rantai ini tidak memiliki rantai karbon utama karena cabang baru terjadi secara berkala, selalu pada rantai karbon ke-enam dari monomer.

Hewan menyimpan glukosa sebagai glikogen. Dalam tubuh kita dan vertebrata lainnya, sel-sel hati berisi butir-butir dimana glikogen disimpan sampai dibutuhkan. Penyimpanan dan pengeluaran glukosa dari sel-sel hati dibawah kontrol hormon. Setelah kita makan, ekskresi hormon insulin dari pankreas mendorong penyimpanan glukosa sebagai senyawa glikogen. Polisakarida bertindak sebagai molekul yang ditimbun karena tidak larut dalam air.

1) Homopolisakarida

Polisakarida jenis ini mengandung molekul monosakarida yang sama. Kelompok homopolisakarida misalnya tepung atau amilum, glikogen dan selulosa.



- 2) **Amilum (tepung).** Merupakan bentuk karbohidrat yang ditimbun sebagai cadangan makanan penting bagi tumbuhan yang berbentuk sebagai granula. Secara struktur, tepung memiliki 2 jenis rantai polimer panjang yaitu amylose sebagai rantai yang tidak bercabang dan amylopektin rantai amilum yang memiliki cabang (gambar)
- 3) **Heteropolisakarida**
Polisakarida ini dibentuk dari polimer molekul yang beragam yaitu dari monosakarida atau turunannya. Beberapa contoh heteropolisakarida diantaranya adalah kitin (zat tanduk), agar, hemiselulosa, arabagalaktan, arabxylan dan sebagainya. Berdasarkan fungsinya polisakarida dikelompokkan kedalam polisakarida struktural atau sebagai bahan untuk disimpan.

Fungsi Karbohidrat.

Karbohidrat memiliki peranan yang sangat besar untuk makhluk hidup. Beberapa fungsi karbohidrat diantaranya, adalah:

- a) Sebagai sumber energi utama untuk makhluk hidup. Dalam keadaan normal tubuh mendapatkan 58-65% energinya berasal dari karbohidrat.
- b) Karbohidrat jenis pentosa, ribosa dan deoksiribosa, digunakan sebagai bahan struktural untuk ARN, ADN, ATP, NAD, FAD.
- c) Zat tepung atau amilum pada tanaman dan glikogen pada tubuh hewan merupakan bentuk karbohidrat yang ditimbun dalam jaringan.
- d) Selulosa, salah satu bentuk polisakarida, merupakan bahan pembentuk dinding sel pada sel tanaman
- e) Kitin atau zat tanduk membentuk rangka luar dari beberapa hewan arthropoda dan beberapa dinding sel dari jamur.
- f) Beberapa jenis antikoagulan (anti pembekuan) merupakan anggota dari karbohidrat misalnya heparin, mosquitin dan herudin.

2) Protein

Protein merupakan rangkaian asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptida. Protein merupakan salah satu makromolekul yang dibangun oleh unsur-unsur utama seperti karbon, hidrogen dan oksigen



serta merupakan makromolekul penting yang menyusun protoplasma selain senyawa lemak dan air. Karena ukuran molekulnya yang cukup besar protein merupakan salah satu partikel yang membentuk sistem koloid protoplasma dan tidak dapat menembus membran plasma. Protein merupakan komponen yang paling banyak membentuk protoplasma (10-15%). Selain di dalam protoplasma, protein dapat ditemukan dalam membran sel, kromatin, sitosol, sitoskeleton. Beberapa bagian tubuh mengandung jumlah protein yang beragam, misalnya Otot mengandung 20% protein, plasma darah mengandung 7% protein, bagian putih telur sebanyak 11-13%.

Elemen utama pembentuk protein adalah C (50-55%); hidrogen (7%); Oksigen (20-24%, Nitrogen (14-18% dan Sulfur (0,3-0,5%). Dibanding karbohidrat, protein mampu menghasilkan kalori lebih besar, 5,6 Kcal/g. Fungsinya yang penting dalam keberlangsungan proses yang terjadi dalam protoplasma baik sebagai unsur struktural, pelindung maupun sebagai biokatalisator terjadinya reaksi-reaksi kimia dalam protoplasma. Berikut adalah fungsi utama dari protein.

- a. Sebagai protein struktural. Sistem membran yang menjadi bagian dari sel secara struktural dibangun oleh protein. Lipoprotein merupakan salah satu bentuk protein yang membentuk membran. Beberapa protein berfungsi sebagai struktur penyokong dalam tubuh. Elastin pada ligamen, kolagen pada tendon, kartilago beberapa contoh protein yang berfungsi sebagai protein struktural.
- b. Sebagai pelindung (protektif). Serabut protein keratin merupakan pembentuk utama pada struktur pelindung eksternal pada hewan. Rambut, bulu, tanduk, kuku dan lapisan tanduk pada kulit merupakan bentuk protein struktural yang berfungsi sebagai pelindung.
- c. Sebagai bahan pembentuk enzim. Sebagai biokatalisator, enzim mempunyai peranan yang sangat penting sekali dalam terjadi reaksi-reaksi kimia dalam sel. Reaksi-reaksi yang tidak bisa terjadi dalam kondisi lingkungan bisa berlangsung dalam tubuh makhluk hidup karena adanya bantuan enzim.



- d. Sebagai protein *carrier* (pembawa). Beberapa jenis protein bertindak sebagai pembawa yang menyebabkan terjadinya ikatan maupun transportasi molekul melalui membran atau cairan tubuh. Hemoglobin merupakan pigmen protein yang mampu mengikat oksigen dalam sel.
- e. Protein reseptor. Beberapa jenis protein muncul pada bagian permukaan membran sel dan bertindak sebagai molekul reseptor.
- f. Hormon. Beberapa protein berfungsi sebagai bagian pembentuk hormon.
- g. Sebagai pembentuk bagian yang bersifat kontraktile. Serat-serat aktin dan miosin merupakan senyawa protein yang menyebabkan otot mampu berkontraksi, flagel dan silia bergetar.
- h. Fungsi lain dari protein adalah sebagai pertahanan, gudang penyimpanan protein, sebagai buffer, membentuk pigmen atau zat warna, membentuk toksin, dan sebagai bahan pembekuan.

Asam amino merupakan molekul struktural dari protein. Secara struktural asam amino merupakan senyawa yang karbon yang mengandung gugus karboksil dan gugus radikal (R). Secara umum semua asam amino memiliki perbedaan pada gugus radikalnya. Misalnya asam amino glisin dan alanin berbeda pada gugus radikalnya, glisin memiliki gugus radikal H sedangkan alanin memiliki gugus radikal metil (CH_3). Gambar 6 menunjukkan perbedaan struktur tiga jenis asam amino berdasarkan gugus radikal yang dimilikinya.

Molekul protein terbentuk dari ikatan beberapa asam amino. Dua molekul asam amino dapat berikatan membentuk dipeptida yang dihasilkan dari ikatan gugus OH dan H. Ikatan sejumlah asam amino sehingga membentuk makromolekul protein akan menghasilkan molekul polipeptida. Sebuah molekul protein dapat berisi sejumlah asam amino dari 20 jenis asam amino sehingga molekul protein bisa memiliki banyak kemungkinan variasi molekul asam amino.

Secara organisasi struktural, molekul protein memiliki struktur tiga dimensi dalam bentuk empat level, yaitu protein primer, protein sekunder, protein tertier dan struktur protein kuartier. Pada struktur protein primer molekul protein berbentuk rantai urutan asam amino.



Sementara pada struktur protein sekunder bentuk molekul protein memiliki lipatan akibat adanya ikatan hidrogen secara berulang. Struktur protein tersier terbentuk akibat adanya lipatan dan lingkaran dari helik, lembaran dan bagian yang tidak terstruktur dari rantai polipeptida menjadi bentuk tiga dimensi. Konfigurasi molekul ini diikat bersama-sama oleh ikatan antara bagian radikal (R) dari asam amino dalam polipeptida. Beberapa molekul protein yang fungsional dihasilkan dari hubungan dari beberapa susunan rantai polipeptida.

Struktur organisasi protein yang kompleks ini menimbulkan terjadinya berbagai tingkatan dalam pemecahan molekul protein. Berbagai jenis faktor fisik dan kimia dapat menyebabkan terurainya ikatan hidrogen, hal ini akan menyebabkan terlepasnya lipatannya. Denaturasi merupakan proses pemecahan struktur tiga dimensi protein akibat adanya agregasi atau presipitasi dari protein. Sebagai contoh, albumin dalam telur mengalami agregasi dalam rangka merespon panas ketika mengalami pengeringan. Untuk memecah rantai polipeptida menjadi molekul asam amino dibutuhkan tambahan air dan sebuah reaksi tipe hidrolisis.

Pengelompokkan Protein

Protein dibagi menjadi tiga kelompok yaitu protein sederhana, protein konjugasi dan protein turunan.

a. Protein Sederhana.

Kelompok protein dibagi menjadi dua yaitu protein globular dan protein fibrous. Protein globular berdasarkan kelarutannya dikelompokkan lagi menjadi kelompok protein yang larut dalam air dan protein yang tidak larut dalam air. Beberapa contoh protein yang larut dalam air diantaranya adalah albumin, pseudoglobulin, protamin, histon. Sementara protein yang tidak larut dalam air diantaranya adalah gulutelin, gliadin, prolamin, globulin. Protein fibrous atau serat. Protein ini mirip serat dan tidak larut dalam air dingin atau reagen bersuhu dingin. Protein ini ditemukan dalam tubuh hewan sebagai skleroprotein. Beberapa bentuk protein fibrous diantaranya adalah keratin, fibroin, elastin, dan kolagen.

b. Protein Konyugasi.



Protein ini terdiri atas protein sederhana dikombinasikan dengan senyawa non protein, biasanya disebut grup prostetik bila ditambahkan pada bahan organik atau disebut kofaktor bila ditambahkan pada bahan an organik. Contoh protein konjugasi diantaranya glikoprotein dan mucoprotein yang berisi karbohidrat dan protein dalam molekul lain, misalnya musin dari saliva. Nukleoprotein berisi asam amino dan asam nukleat dalam molekulnya. Khromoprotein berisi asam amino dan pigmen, misalnya hemoglobin, haemosianin, flavoprotein dan sitokrom. Lipoprotein berisi asam amino dan lemak dalam molekulnya, misalnya lipovitellin dalam kuning telur, serum, protein dari otak dan jaringan saraf.

c. Protein Turunan.

Kelompok protein ini terdiri atas protein terkoagulasi dan bagian dari protein yang terhidrolisis misalnya protease dan polypeptidase. Secara struktural protein merupakan ikatan senyawa asam amino dengan berbagai jenis bentuk ikatannya. Ada dua jenis asam amino yaitu asam amino esensial dan asam amino non esensial. Asam amino esensial adalah asam amino-asam amino yang tidak ditemukan dalam tubuh makhluk hidup sehingga keberadaanya sangat penting dan dapat diperoleh dari makanan yang masuk ke dalam tubuh. Sementara asam amino non esensial biasanya banyak ditemukan dan dapat disintesis dalam tubuh, sehingga tidak terlalu penting kalau tidak ada dalam makanan yang dikonsumsi.

Protein tidak dapat berfungsi dengan benar kecuali molekul-molekul protein ini melipat dalam bentuk yang benar. Beberapa penyakit pada manusia yang disebabkan adanya kelainan dalam lipatan struktur organisasi protein diantaranya adalah penyakit alzheimer dan sistik fibrosis. Kedua penyakit ini berhubungan dengan kesalahan bentuk protein.

3) Lemak

Berbeda dengan polisakarida, salah satu jenis karbohidrat, berfungsi sebagai sumber energi jangka pendek. Lemak merupakan sumber energi jangka panjang. Berbagai jenis senyawa organik



diklasifikasikan menjadi lemak. Senyawa lemak merupakan senyawa organik yang tidak larut dalam air karena rantai hidrokarbonnya. Hidrogen berikatan hanya terhadap molekul karbon yang tidak memiliki kecenderungan untuk membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air.

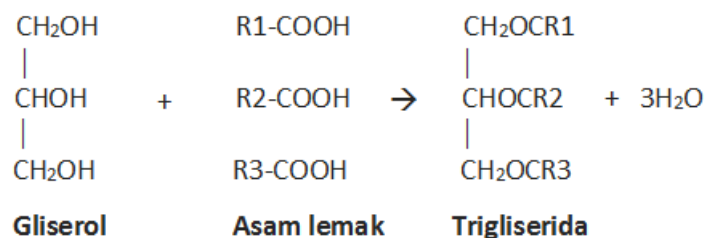
Lemak digunakan sebagai insulasi dan sebagai sumber energi jangka panjang oleh kebanyakan hewan. Dalam kehidupan sehari-hari, istilah minyak lebih familiar dibanding dengan istilah lemak. Minyak seringkali digunakan untuk jenis lemak yang dihasilkan oleh tumbuhan dan sering digunakan sebagai untuk memasak makanan. Selain lemak, fosfolipid adalah bentuk lemak lainnya yang juga penting. Lemak ini merupakan komponen utama dari membran plasma dalam sel.

Secara kimiawi lemak merupakan ester dari asam lemak, tersusun atas senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen. Berbeda dengan rasio hidrogen dan oksigen pada air yang selalu tetap, rasio oksigen dan hidrogen pada lemak tidak pernah sama. Jumlah atom oksigen dalam molekul lemak selalu kurang daripada jumlah hidrogen dan karbon. Senyawa sulfur, fosfor dan nitrogen terkadang ditemukan dalam molekul lemak. Lemak bersifat koloid dan tidak larut dalam air tetapi dapat larut dalam pelarut organik seperti eter, chloroform atau alkohol. Lemak merupakan senyawa penting yang membentuk membran, vitamin dan hormon yang ada dalam sel serta memiliki fungsi utama sebagai cadangan makanan untuk suplai energi.

Lemak dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu lemak sederhana, lemak kompleks dan turunan lemak.

a. Lemak Sederhana atau Trigliserida.

Jenis lemak ini disusun oleh asam lemak dan gliserol. Lilin (wax), minyak ikan dan minyak merupakan beberapa contoh lemak sederhana.



Lemak sederhana merupakan lemak yang bersifat netral dalam sitoplasma sel hewan maupun sel tumbuhan dan disimpan sebagai cadangan makanan. Trigliserida tergantung dari asam lemak yang membentuknya. Asam lemak merupakan senyawa alifatik dengan gugus karboksil. Asam lemak merupakan penyusun utama minyak nabati atau lemak dan merupakan bahan baku untuk semua lipid pada makhluk hidup. Asam ini mudah dijumpai dalam minyak masak (goreng), margarin, atau lemak hewan dan menentukan nilai gizinya. Secara alami, asam lemak bisa berbentuk bebas (sebagai lemak yang terhidrolisis) maupun terikat sebagai gliserida.

Lemak kompleks

Wax atau lilin memiliki titik didih yang tinggi dibanding lemak netral, sebagai contoh, lilin yang dihasilkan oleh lebah. Secara kimiawi lilin bersifat pasif dan membentuk lapisan pelindung pada berbagai lokasi dalam sel.

Asam lemak selalu memiliki sejumlah atom karbon. Beberapa rantai karbon terkadang memiliki ikatan ganda (-C=C-) dan pada keadaan ini asam lemak dikatakan tidak jenuh (non-saturated) misalnya asam oleik memiliki 18 karbon dan salah satu ikatannya ganda (un-saturated).

Gugus karboksil pada asam lemak bereaksi dengan grup alkohol dari gliserol dalam berbagai cara. Trigliserida yang dihasilkan digunakan oleh makhluk hidup sebagai energi cadangan. Energi cadangan ini bisa menghasilkan banyak energi, dua kali lebih banyak dibanding karbohidrat dan protein, selama proses oksidasinya berjalan sangat lambat.



b. Lemak Kompleks

Jenis lemak ini selain mengandung lemak juga mengandung senyawa khas lainnya seperti fosfor, nitrogen. Lemak ini berperan sebagai komponen struktural pada sel, khususnya dalam membran. Ada beberapa tipe lemak kompleks, diantaranya:

- Fosfolipid. Lemak kompleks ini merupakan diester dari asam fosforik dan berisi molekul gliserol, asam lemak dan asam fosforik. Fosfolipid merupakan komponen utama dari membran sel dan memiliki fungsi mengatur permeabilitas membran, penggumpalan darah, transpor dan metabolisme lemak. Fosfolipid hanya memiliki dua molekul asam lemak yang menempel pada molekul gliserol. Grup hidroksil ketiga dari gliserol diesterifikasi menjadi asam fosfor. Ada beberapa kategori fosfolipid diantaranya adalah lesitin, kefalitin, plasmogen, sphingolipid.
- Glikolipid. Lemak kompleks ini mirip dengan sphingolipid kecuali berisi radikal karbohidrat dengan nitrogen dan asam lemak. Matriks sel-sel hewan terdiri atas dua jenis glikolipid yaitu cerebrosida dan gangliosida. Serebrosida berisi sphingosin, asam lemak dan galaktosa atau glukosa dalam molekulnya dan merupakan karakteristik dari benda putih sel otak dan selubung mielin. Contoh serebrosid adalah kersin, serebron, nervon, dan frenosin. Sementara gangliosid merupakan molekul kompleks yang disusun oleh sphingosin, asam lemak dan satu atau lebih molekul glukosa, fruktosa, galaktosamin dan asam neuraminik. Senyawa-senyawa ini ditemukan dalam bagian kelabu (grey matter) otak, membran sel darah merah dan sel-sel limpa.
- Lipoprotein. Lemak kompleks ini berisi protein dan lemak dalam molekulnya dan ditemukan dalam darah mamalia. Dalam kolesterol dan globulin.

c. Turunan Lemak



Turunan lemak berasal dari hidrolisis lemak sederhana dan lemak kompleks. Beberapa contoh turunan lemak ini adalah, lemak aldehid, hidrokarbon, sterid, keton, alkohol.

Kelompok sterid adalah steroid dan sterol. Dalam kelompok ini termasuk diantaranya adalah hormon seks, vitamin D dan asam empedu.

d. Karotenoid

Senyawa ini merupakan pigmen merah dan oranye dalam sel. Pigmen ini tidak larut dalam air tetapi dapat larut dalam pelarut organik. Kurang lebih ada 70 jenis karotenoid ditemukan dalam sel-sel tumbuhan dan hewan. Diantaranya adalah karotin, xantofil, retinene, laktoflavin dalam susu, riboflavin, xanthosianin, koenzim, antosianin, flavon, flavonol, flavonon dan masih banyak lagi yang lainnya. Secara kimiawi karotenoid merupakan porfirin. Porfirin berikatan dengan logam dan protein membentuk pigmen-pigmen penting dalam sel tumbuhan dan hewan, misalnya khlorofil dan haemoglobin.

4) Asam Nukleat

Asam nukleat merupakan molekul organik yang berukuran sangat besar yang dibentuk oleh serangkaian unit nukleotida. Asam nukleat ditemukan di dalam inti atau sitoplasma dan memiliki peranan penting dalam menjaga informasi genetik sel dan membuat informasi tersebut digunakan untuk membangun protein seluler. Unsur utama yang membentuk asam nukleat adalah unsur karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan fosfor. Masing-masing nukleotida terdiri atas basa nitrogen, gula pentosa dan molekul asam fosfat.

Senyawa yang termasuk asam nukleat adalah Asam Deoksiribosa Nukleat atau ADN, Asam Ribosa Nukleat (ARN). Kelompok basa nitrogen terdiri atas dua kelompok yaitu kelompok Purin dan Pirimidin. Purin terdiri atas dua jenis yaitu Adenin dan Guanin sedangkan Pirimidin adalah Timin dan sitosin. Urasil adalah salah satu basa nitrogen dari kelompok Pirimidin. Ada dua jenis gula pentosa yaitu ribosa dan deoksiribosa. Apabila asam nukleat memiliki

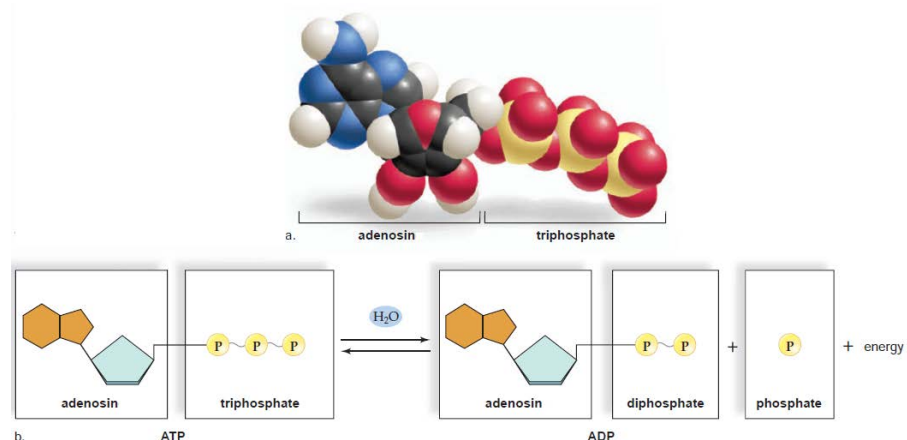


gula ribosa maka jenis asam nukleatnya adalah ARN, sedangkan bila gula pentosanya jenis deoksiribosa maka akan membentuk ADN. ADN merupakan rantai ganda polinukleotida yang mengalami pilinan membentuk rantai double heliks. Kedua rantai dihubungkan dengan ikatan hidrogen dari basa nitrogen kelompok pirimidin (G, S dan U) dengan kelompok purin (A, T). Pasangan basa purin dan pirimidin merupakan pasangan basa komplementer, oleh sebab itu jumlah basa purin (A+G) selalu sama dengan jumlah basa pirimidin (T+S). Asam deoksiribosa nukleat berbeda dengan asam ribosa nukleat. Ringkasan perbedaan kedua asam nukleat ini tampak pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.7. Perbedaan AND dan ARN

Gugus	AND	ARN
Gula	Deoksiribosa	Ribosa
Basa Nitrogen	Adenin, guanin, timin dan sitosin	Adenin, guanin, urasil, sitosin
Rantai Heliks	Rantai ganda berpasangan Ya	Rantai tunggal Tidak

Adenosin Trifosfat atau ATP merupakan sebuah nukleotida dengan adenosin dibentuk oleh basa adenin dan gula ribosa. Trifosfat berhubungan dengan 3 grup fosfat yang menempel bersama.



Gambar 3.12. Struktur adenosin trifosfat (ATP)

Sumber: Sylvia S. Mader, Biology.



Adenosin trifosfat merupakan molekul berenergi tinggi sebab dua ikatan fosfat bersifat tidak stabil dan mudah diuraikan. Di dalam sel, ikatan fosfat bagian terminal biasanya dihidrolisis untuk menghasilkan molekul Adenosin trifosfat (ADP) dan molekul fosfat.

Jumlah energi yang dilepaskan melalui penguraian ATP sama dengan proses kebutuhan energi untuk sel. Sebagai contoh, jumlah energi yang dibutuhkan untuk sintesis makromolekul seperti karbohidrat dan protein diperoleh dari pemecahan ATP. ATP mensuplai energi untuk kontraksi otot dan impuls syaraf.

5) Enzim

Salah satu senyawa protein kompleks ini ditemukan dalam protoplasma. Enzim bertindak sebagai biokatalisator dalam berbagai jenis proses metabolisme dan mampu mempercepat prosesnya. Katalis adalah senyawa yang mampu mempercepat reaksi kimia tetapi senyawa katalis tidak mengalami perubahan dalam proses berlangsung, sehingga dapat digunakan kembali. Enzim merupakan molekul protein yang khas dan paling besar. Ribuan jenis enzim yang berbeda telah diidentifikasi oleh para ahli. Kebanyakan enzim ini telah dimurnikan dan dalam kondisi dikristalkan. Enzim merupakan salah satu produk yang sangat penting dari gen yang diperoleh dari molekul ADN. Enzim bisa ditemukan secara ekstraseluler, reaksi terjadi di bagian luar sel, maupun intraseluler dimana reaksi terjadi di dalam sel.

Enzim dapat bersifat khas mutlak untuk sebuah substrat tertentu dan tidak bisa bekerja meskipun molekul sangat mirip, misalnya molekul stereoisomer.

Beberapa jenis enzim memerlukan komponen non protein disebut **kofaktor** untuk aktivitasnya. Sebagai contoh, beberapa enzim merupakan protein konjugasi yang memiliki ikatan kuat pada grup prostetik, sebagai contoh pada sitokrom, yang memiliki kompleks porfirin besi. Atom besi penting dalam kebanyakan reaksi transfer elektron.



Enzim lainnya tidak mampu berfungsi tanpa ada tambahan dari sedikit molekul disebut **koenzim** yang terikat selama reaksi berlangsung. Ketika sebuah koenzim berbentuk enzim yang belum aktif disebut apoenzim, sedangkan bentuk aktif disebut holoenzim.

Enzim bekerja sangat khas dan dipengaruhi oleh faktor luar. Suhu, pH dan jumlah substrat merupakan faktor-faktor luar yang mempengaruhi kerja enzim. Selain faktor luar, faktor dalam pun dapat mempengaruhi kerja enzim.

Enzim dikelompokkan ke dalam 6 kategori menurut Robertis (1971), yaitu:

- a. Oksidoreduktase, melakukan reaksi oksidasi-reduksi pada sel; sebagai contoh hidrogenase (reduktase), oksidase, oksigenase dan peroksidase.
- b. Transferase, yang menyebabkan transfer grup.
- c. Hidrolase, yang menghidrolisis sebuah reaksi.
- d. Lisase, menyebabkan tambahan atau pengurangan grup dari bentuk ikatan ganda.
- e. Isomerase, yang mengkatalisis isomerisasi, dan
- f. Ligase atau sinthetase, yang mengkondensasi molekul melalui pemisahan ikatan fosfat.

Model Kerja Enzim

Berdasarkan terhadap konsep terbaru dari aktivitas enzim, enzim dan substrat (bahan dimana enzim melakukan aktivitasnya) membentuk hubungan kunci dan anak kunci. Pada hubungan ini, substrat menempelkan diri pada komponen protein dari enzim yang disebut bagian aktif.

Konsep baru yang disebut induced-fit telah dipostulasikan oleh Koshland dan Yankeelov pada tahun 60-an. Bagian aktif enzim bukan merupakan struktur yang kaku. Pada beberapa enzim bagian aktif enzim (active site) komplemen terhadap substrat hanya setelah substrat berikatan, fenomena ini disebut “induced-fit”. Proses penempelan substrat menginduksi sebuah perubahan konformasi dalam protein. Ikatan substrat terhadap bagian aktif



melibatkan kekuatan non kovalen yang memiliki range sangat pendek. Hal ini menjelaskan mengapa enzim – kompleks substrat dapat dibentuk hanya jika enzim mempunyai bagaian yang betul-betul komplemen terhadap bentuk substrat. Eksistensi kompleks enzim-substrat (ES) pada bagian aktif telah dipostulasikan oleh Michaelis dan Menten berdasarkan dasar bukti-bukti kinetik.

Reaksi enzim-subtrat diproses melalui dua tahap:

Tahap pertama seperti pada contoh bagan di bawah in:

Enzim + Substrat \rightarrow kompleks substrat enzim (ES)

$E + S \xrightleftharpoons{K_1} K_2 (ES)$

Tahap kedua, kompleks substrat (ES) pecah membentuk produk (P) dan enzim yang bebas (E) yang akan melanjutkan memproses substrat baru yang berikutnya.

$(ES) \xrightleftharpoons{K_3} K_4 E + P$

K1, K2, K3 dan K4 merupakan kecepatan untuk reaksi yang konstan. Semua langkah bersifat bolak-balik. Kecepatan reaksi enzim tergantung pada konsentrasi substrat. Pada saat konsentrasi substrat rendah, kecepatan awal meningkat dengan cepat. Sejumlah produk dihasilkan secara proporsional terhadap konsentrasi substrat (S). Akan tetapi ketika substrat meningkat, reaksi melambat dan mencapai titik keseimbangan dimana kecepatan tidak lagi tergantung pada substrat, semua enzim dalam bentuk kompleks substrat (ES) dan kecepatan maksimum reaksi dicapai.

Koenzim

Beberapa koenzim membutuhkan sedikit komponen non protein yang disebut kofaktor untuk aktivitasnya. Senyawa-senyawa ini berikatan pada molekul protein. Kofaktor adalah istilah yang digunakan untuk grup prostetik yang berikatan sangat kuat secara kovalen terhadap protein enzim. Beberapa enzim disebut koenzim. Kebanyakan enzim membutuhkan ion logam untuk melakukan aktivitas penuhnya, misalnya Mg^{+2} dan Mn^{+2} . Bagian protein pada enzim disebut apoenzim dan holoenzim merupakan bentuk enzim lengkap. NADP atau nicotinamide adenine dinucleotide phosphate adalah koenzim yang sangat penting.



Fungsi koenzin adalah menerima elektron dan ion hidrogen dari substrat. Banyak koenzim, misalnya NAD dan NADP memiliki komponen esensialnya berupa vitamin, khususnya dari kelompok vitamin B.

6) Hormon dan vitamin

Beberapa senyawa organik dalam protoplasma berfungsi sebagai regulator atau pengatur yang disekresikan oleh kelenjar buntu atau endokrin dan dibawa oleh darah ke dalam jaringan target. Vitamin memiliki fungsi sebagai zat pengatur seperti halnya hormon.

Hormon-hormon yang ada dalam sitoplasma sel mengatur sintesis ARN messenger, enzim dan berbagai jenis kegiatan fisiologis intraseluler. Berbagai jenis kelenjar yang tersebar dalam tubuh mensekresikan cairannya ke dalam darah. Salah satu kelenjar endokrin memiliki fungsi sebagai regulator untuk beberapa kelenjar endokrin, kelenjar endokrin ini disebut sebagai master gland, yaitu kelenjar pituitary. Kelenjar ini mensekresikan beberapa jenis cairan untuk menstimulasi dan meregulasi kelenjar endokrin lainnya.

Vitamin berbeda dengan hormon yang sudah tersedia dalam sitoplasma sel. Vitamin diperoleh dari lingkungan melalui makanan. Vitamin sangat penting untuk pertumbuhan normal, metabolisme dan memelihara kebugaran. Kekurangan vitamin akan mempengaruhi kecepatan metabolisme sel yang akan menimbulkan penyakit akibat dari kekurangan vitamin tersebut. Beberapa jenis vitamin dikelompokkan berdasarkan kelarutannya. Vitamin A, D, E dan K adalah vitamin yang tidak larut dalam air, sisanya vitamin B kompleks, C dan lainnya dapat larut dalam air.

C.3 Sistem Membran

Sel adalah salah satu struktur yang terdapat pada semua sel. Membran adalah pembatas sel dengan lingkungan luarnya dan dengan sel terdekat. Membran sel bersifat selektif permeable terhadap ion-ion dan molekul organik dan mengontrol gerakan material dari dan menuju sel. Membran sel memiliki peran sebagai



jangkar sitoskeleton untuk memberi bentuk pada sel dan tempat menempelnya matriks ekstraseluler dan sel lain ketika sel-sel berkelompok membentuk jaringan.

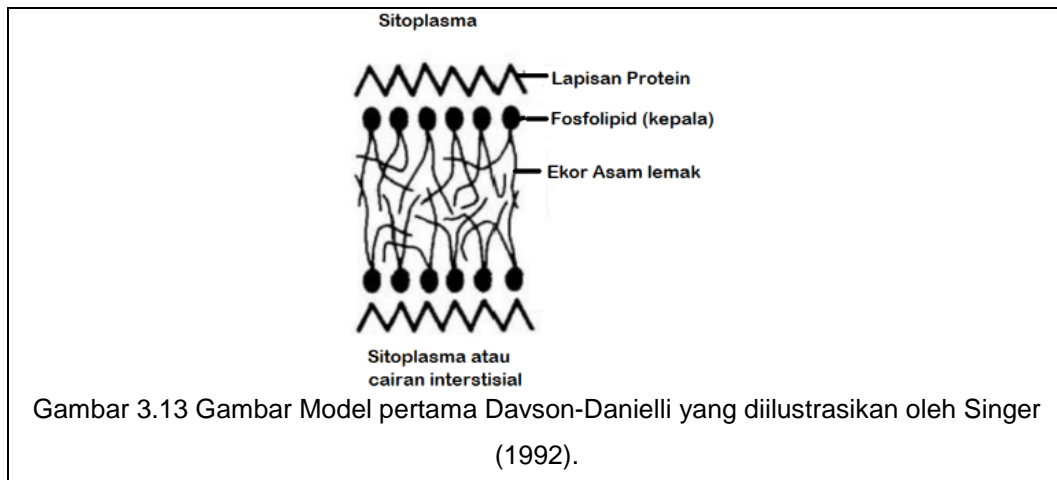
Sebagai pembatas antara sel dengan lingkungannya, fungsi utama membran diantaranya:

1. Membentuk ruang-ruang yang khusus melalui selektif permeabel
2. Menghasilkan distribusi protein yang asimetris
3. Mengenal sel-sel yang ada disekitarnya
4. Bagian dimana molekul-molekul reseptor menempel sebagai sel yang berfungsi sebagai sinyal
5. Mengontrol dan meregulas urutan reaksi-reaksi kimia

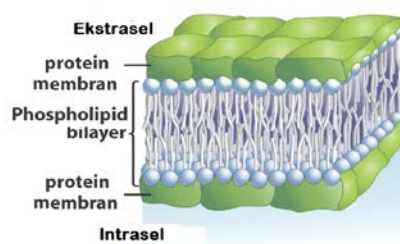
Bahan utama dari membran sel adalah protein dan lipid atau lemak. Membran **protein** dan **lipid** tersusun secara khusus, keduanya bertanggung jawab terhadap isi sel dengan cara menyeleksi, membiarkan masuk atau menahan supaya tidak masuk ke dalam sel.

Pertama kali yang mengemukakan model membran adalah Hugh Davson dan James Danielli pada tahun 1935 yang terkenal dengan model sandwich (sandwich model membrane). Sebelum Davson dan Danielli mengusulkan model ini sebelumnya Gorter dan Grendel pada tahun 1925 telah mengusulkan model fosfolipid bilayer. Model Davson-Danielle menjelaskan bahwa lapisan bilayer fosfolipid berada pada dua lapisan protein globular sehingga mirip dengan sandwich.

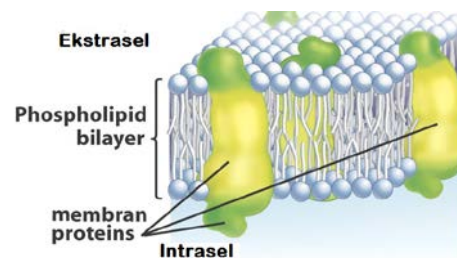
Model yang diajukan oleh Davson-Danielle diilustrasikan oleh Singer (1992), dimana model ini menggambarkan lapisan bilayer fosfolipid dilapisi oleh lapisan molekul protein baik pada baik luar maupun bagian dalamnya (Gambar 3.13). Tampak lapisan fosfolipid bilayer dilapisi oleh molekul protein pada bagian luar dan bagian dalamnya sehingga model ini mengingatkan kita pada makanan yang terbuat dari roti dimana didalamnya ada bahan sayuran dan makanan lainnya – sandwich.



Model ini lama diterima oleh para ahli sampai SJ Singer dan Garth Nicolson pada tahun 1972 mengusulkan model baru yang bisa dibuktikan secara eksperimen. Model Singer dan Nicolson menggambarkan sistem fosfolipid bilayer dimana di dalamnya tersebar molekul protein dan kolesterol sehingga membentuk seperti mosaik.



Model Sandwich, Davson-Danielli

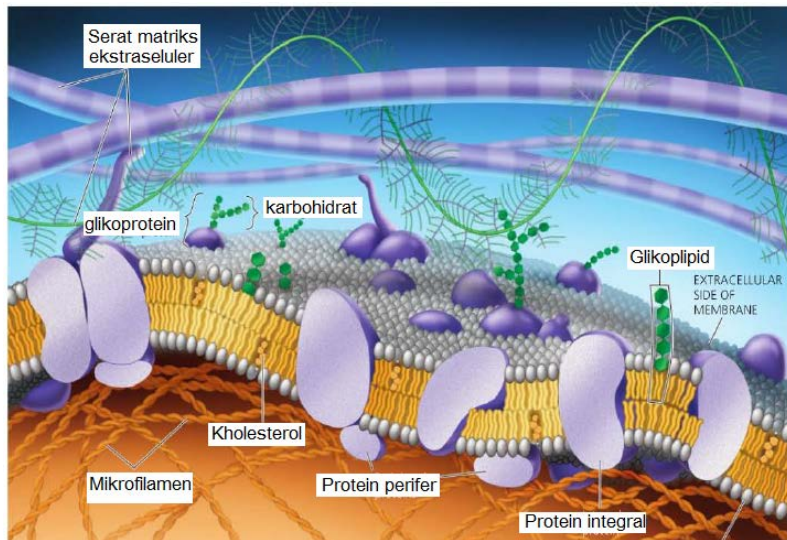


Model Fluid Mosaic, Singer-Nicolson

Gambar 3.14. Perbandingan Model Fluida Membran menurut Davson-Danielli dan Singer-Nicolson

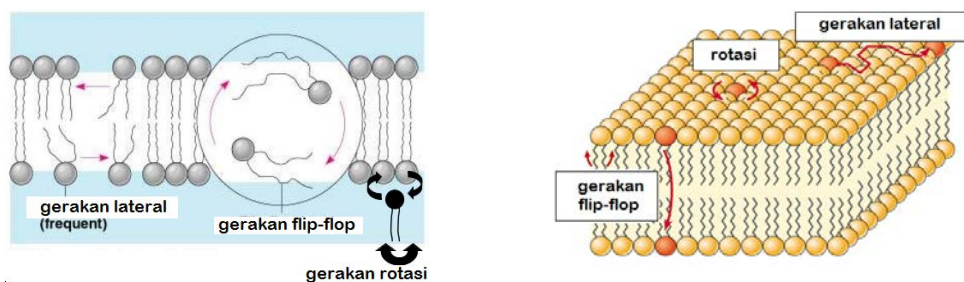
(Sumber: http://www.uic.edu/classes/bios/bios100/lectures/memb_comp.jpg)

Menurut model mosaik fluida SJ Singer dan Garth Nicolson 1972, membran sel atau membran biologis dapat dianggap sebagai cairan dua dimensi di mana semua molekul lipid dan protein bisa berdifusi atau menyebar dengan mudah. Molekul lipid yang membentuk membran adalah fosfolipid bilayer. Secara lengkap model membran fluida mosaik digambarkan pada gambar 3.15.



Gambar 3.15 Model Membran Fluida Mosaik dari Singer dan Nicholson.
Sumber: Campbell, Biology

Fosfolipid membentuk lapisan yang rapat karena bagian non polar yang bersifat jenuh. Apabila bagian non polar (asam lemak) mengandung ikatan C yang tidak jenuh maka ikatan antara bagian non polar tidak rapat. Fosfolipid pun tersebar secara asimetris dan lapisan fosfolipid mampu menyusun kembali posisinya secara spontan dan mampu berganti posisi baik secara lateral antara fosfolipid dalam satu lapisan maupun fosfolipid dari lapisan yang berbeda. Pergerakan secara lateral bergerak dengan cepat sementara pergerakan flip-flop jarang terjadi.



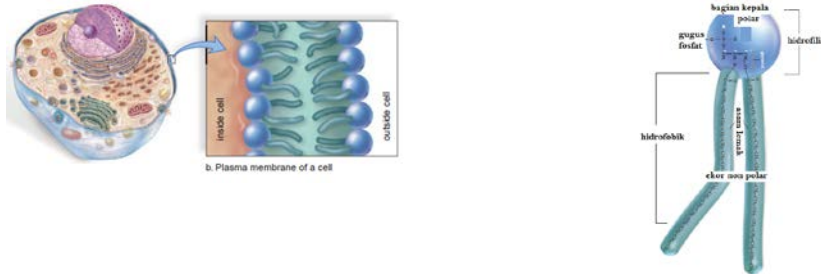
Gambar 3.16. Gerakan fosfolipid yang spontan terjadi secara lateral dan flip-flop
Sumber: <http://www.intechopen.com/source/html/25884/media/image2.png>

1. Fosfolipid

Pada modul 2 kita sudah membahas selintas tentang fosfolipid, dimana fosfolipid merupakan salah satu contoh lemak kompleks yang dibangun oleh

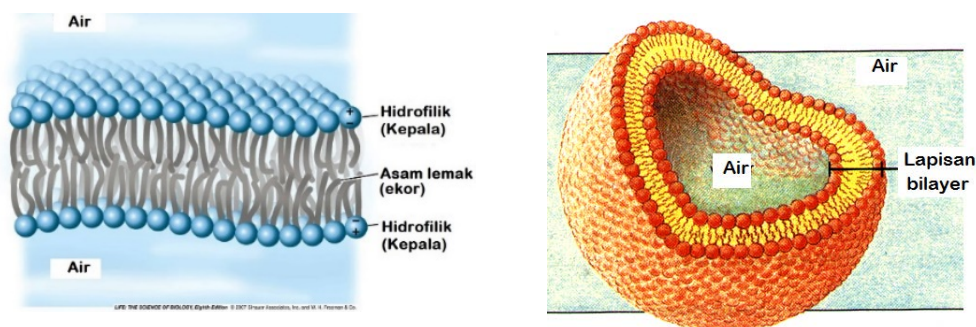


senyawa gliserol dan fosfat pada bagian kepala dan 2 rantai asam lemak pada bagian ekor.



Gambar 3.17. Struktur Fosfolipid dalam membran (a) yang mengandung bagian hidrofobik (menolak air) dan hidrofilik (menerima air). Sumber: Sylvia S. Mader

Fosfolipid merupakan molekul amfipatik yaitu molekul yang memiliki dua sifat yaitu “takut” air (hidrofobik) dan bisa menerima air atau hidrofilik (gambar 3.18). Model Fosfolipid dapat dibagi dua bagian yang berbeda yaitu bagian kepala yang bersifat polar dibangun oleh senyawa gliserol dan senyawa fosfat. Sementara bagian ekor merupakan senyawa asam lemak yang bersifat non polar. Bagian polar bersifat hidrofilik sementara bagian non polarnya, atau bagian ekor, bersifat hidrofobik. Akibat kondisi ini, bagian kepala yang bersifat polar akan selalu berkumpul dan suka dengan molekul air. Sementara bagian ekor karena tidak suka dengan molekul air, maka bagian ini akan menjauhi air. Akibat sifat ini, fosfolipid dalam air akan membentuk dua lapisan, bilayer, dimana salah satu lapisan yang bersifat polar akan mendekati air, sedangkan bagian asam lemak yang bersifat non polar atau apolar akan berkumpul menjauhi bersentuhan dengan molekul air. Untuk mempertahankan kondisi bilayer ini, maka bentuk fosfolipid pada akhirnya akan berbentuk sebuah lingkaran atau ruang yang dibatasi oleh lapisan fosfolipid (gambar 3.18.).





Gambar 3.18. Bentuk biyaler fosfolipid terbentuk akibat adanya bagian polar yang hidrofilik dan bagian non polar yang hidrofobik.

Fosfolipid dapat mempengaruhi fluiditas membran. Fluiditas membran dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain fosfolipid, kolesterol dan suhu. Suhu memiliki pengaruh besar terhadap fluiditas membran karena suhu dapat mempengaruhi dinamika fosfolipid dan kolesterol. Pada saat suhu tinggi, fosfolipid akan saling menjauh sehingga fluiditas membran menurun, sementara ketika suhu tinggi, fosfolipid akan saling mendekat karena tidak cukup energi untuk beregerak. Hal ini menyebabkan fluiditas membran menurun, pada kondisi suhu sangat rendah, dapat terjadi kristalisasi.

2. Protein

Molekul protein pada membran sel dibagi menjadi 2 tipe, yaitu protein integral, protein perifer. Kurang lebih 50 jenis protein membran tertanam dalam membran sel. Molekul protein menyebar secara spontan di dalam membran plasma.

Protein integral terikat secara permanen di dalam membran. Protein integral bisa dipisahkan dari membran dengan cara menggunakan detergen, pelarut non-polar atau bahan-bahan denaturasi. Tipe protein ini dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

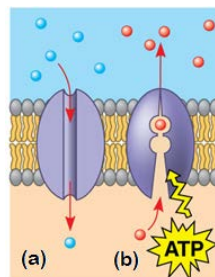
- a. Protein Integral poliotopik, disebut juga protein transmembran. Protein membran ini terletak menembus membran.
- b. Protein integral monotopik adalah membran protein yang hanya menempel pada salah satu sisi tidak menembus seluruh bagian membran.

Protein membran Periferal merupakan protein yang menempel sementara baik pada lapisan lipid bilayer atau pada protein integral melalui ikatan non kovalen. Protein perifer dapat lepas oleh larutan garam pekat.

Secara fungsional protein dibagi menjadi 3 jenis, yaitu protein channel, protein carrier dan protein penanda atau sinyal. Protein membran memiliki beberapa fungsi penting khususnya dalam mengatur transportasi antar sel. Fungsi-fungsi membran protein diantaranya:



- a. Transportasi. Protein membran yang berfungsi untuk transportasi dibagi menjadi beberapa jenis yaitu protein channel (lorong protein), dan protein carrier. Kedua jenis protein ini berbeda dalam proses transportasinya, yaitu yang menggunakan energi dan tidak menggunakan energi. Protein channel adalah protein membran yang mentransportasikan molekul tanpa membutuhkan energi dan perpindahan terjadi dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah. Protein carrier memindahkan molekul dari konsentrasi rendah ke konsentrasi yang lebih tinggi sehingga diperlukan energi untuk melakukan pengangkutanannya. Protein membran yang berfungsi sebagai saluran transportasi. Gambar kiri transpor molekul dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah tanpa membutuhkan energi (protein channel). Protein ini sering digunakan untuk jalur difusi molekul. Gambar sebelah kanan transportasi molekul dari konsentrasi rendah menuju konsentrasi

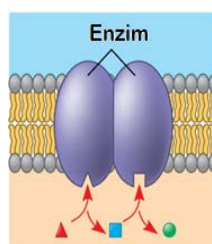


tinggi sehingga membutuhkan energi (ATP).

Gambar 3.19. Protein *channel* dan protein *carrier*.
(Sumber: Cambell et all, Biology,2009)

- b. Aktivitas enzimatik

Protein yang membangun membran bisa memiliki fungsi sebagai enzim dengan sisi aktifnya mengarah pada zat yang paling dekat. Pada beberapa kasus beberapa enzim membran tersusun sebagai sebuah kelompok yang



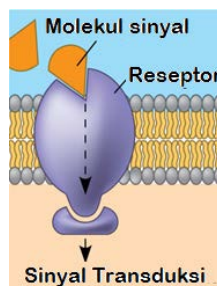


membawa serangkaian tahapan pada sebuah jalur metabolisme.

Gambar 3.20. Sebuah protein membran yang berfungsi sebagai enzim dalam sebuah reaksi metabolisme dalam sel.

c. Transduksi sinyal

Protein membran yang berfungsi sebagai reseptor memiliki bagian dengan bentuk yang khas dan fit terhadap bentuk sebuah pesan kimiawi, misalnya hormon. Moleku-molekul dari luar yang berfungsi sebagai molekul sinyal mungkin menyebabkan sebuah perubahan bentuk dalam protein yang melanjutkan pesan ke dalam bagian dalam sel. Molekul-molekul sinyal ini

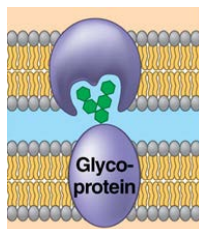


biasanya berikatan dengan protein sitoplasma.

Gambar 3.21. Protein membran yang berfungsi sebagai reseptor sebuah sinyal dari luar sel dan ditransduksikan ke dalam sel melalui protein membran.

d. Mengenali antar sel (protein penanda)

Beberapa membran protein yang memiliki senyawa gliko (glikoprotein) memiliki fungsi khusus dalam mengenali sel yang berhubungan dengan sistem pertahanan tubuh. Senyawa protein yang berikatan dengan senyawa gliko membentuk senyawa glikoprotein yang memiliki fungsi khusus untuk mengenali sel. Pengenal sel ini berhubungan dengan sistem kekebalan tubuh.

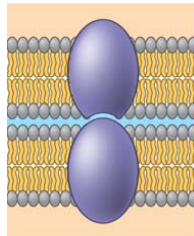


Gambar 3.22. Beberapa protein membran memiliki bagian khusus dari senyawa karbohidrat (gliko).



e. Hubungan interseluler (protein adhesi)

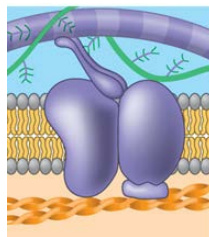
Hubungan antara sel ini melalui protein membran dari masing-masing membran.



Gambar 3.23. Sel-sel dalam jaringan memiliki hubungan antar sel.

f. Menempel pada sitosekleton dan matriks ekstraseluler.

Ikatan ini membantu mempertahankan bentuk sel dan stabilitas tempat pada sebuah protein membran. Protein membran pun dapat berikatan dengan molekul-molekul ekstrasel.



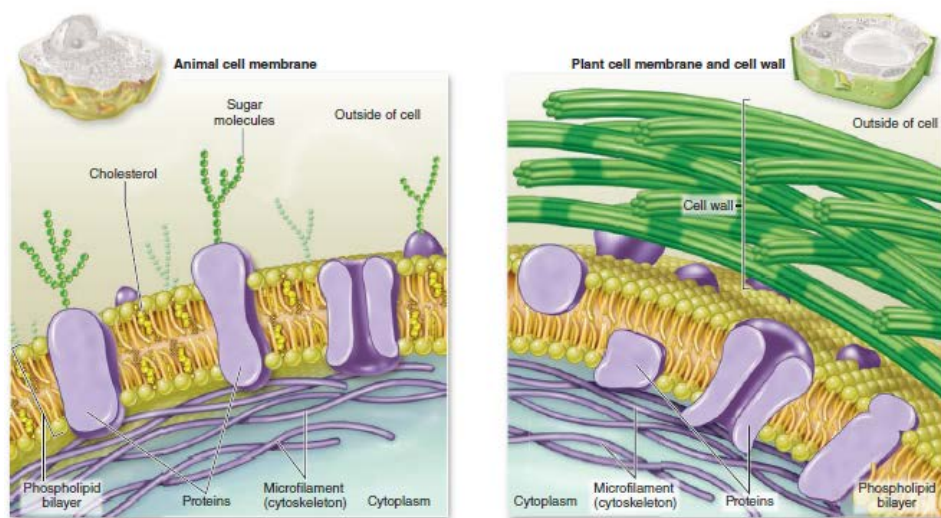
Gambar 3.24. Mikrofilament dari sitoskeleton berikatan secara non kovalen terhadap protein membran.



3. Kolesterol.

Senyawa kolesterol adalah senyawa kimia yang tersebar dalam lapisan fosfolipid. Senyawa kolesterol banyak ditemukan pada setiap sel dalam tubuh makhluk hidup. Hampir 20% dari membran diisi oleh kolesterol. Kolesterol memiliki fungsi yang penting dalam mempertahankan keutuhan membran serta memfasilitasi sinyal antar sel. Jadi kemampuan sel untuk berkomunikasi tidak lepas dari peranan kolesterol. Selain kolesterol, senyawa karbohidrat (gliko) seringkali berikatan dengan molekul protein membentuk senyawa glikoprotein atau dengan senyawa lipid membentuk senyawa glikolipid. Glikoprotein sering bertindak sebagai reseptor atau untuk mengenal sel yang ada di sekitarnya.

Model membran plasma yang lengkap menurut model fluida mosaik membran yang diajukan oleh Singer dan Nicolson secara umum digambarkan seperti gambar 3.25.



Gambar 3.25. Anatomi Membran Cell.

(Sumber : Concepts in biology / Eldon D. Enger, Frederick C. Ross, David B. Bailey—14th ed.2012)

Protein juga penting bagi fungsi membran. Para peneliti memperkirakan bahwa sekitar sepertiga dari genom setiap organisme mengkodekan protein membran. Beberapa protein terletak dalam fosfolipid bilayer, sedangkan protein yang lain berada keluar dari salah satu atau kedua belah sisinya. Fungsi protein membran antara lain.



C.4.1 Sistem Transportasi Membran

Pada dasarnya transportasi melalui membran plasma dapat dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu, transportasi pasif dan transportasi aktif. Transportasi pasif merupakan gerakan bahan-bahan melewati membran menuju gradien konsentrasi, tekanan atau muatan listrik. Pada pengangkutan ini tidak memerlukan energi. Sebaliknya pada transportasi aktif, bahan-bahan atau material bergerak melawan gradient konsentrasi sehingga membutuhkan energi yang dihasilkan oleh sel.

Table 3.8 menunjukkan jenis-jenis transportasi pasif dan aktif melalui membran sel

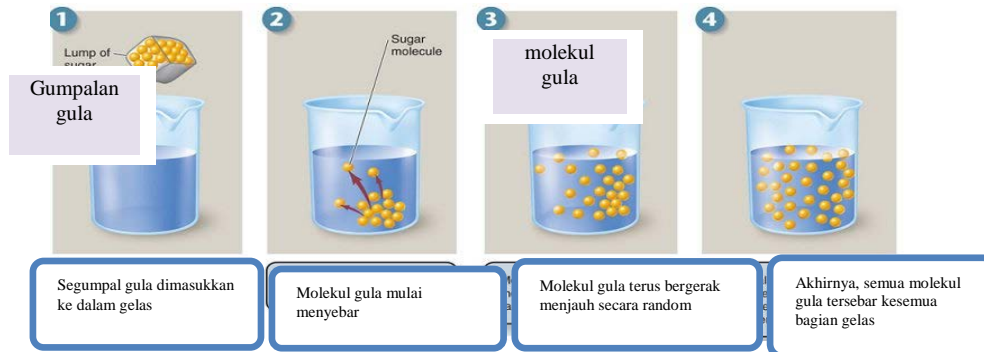
Transportasi Pasif	
Difusi sederhana	Difusi air, gas yang terlarut, molekul lipid yang larut dalam air melalui lapisan bilayer lipid membran
Osmosis	Difusi air melewati sebuah membran permeable – atau sebuah membran yang dapat dilewati air dibanding
Difusi difasilitasi	bahan-bahan lain yang terlarut. Difusi molekul (biasanya) melalui sebuah membran, dibantu oleh protein membrane
Transportasi Aktif	
Transpor aktif	Perpindahan molekul-molekul berukuran kecil atau ion-ion melalui membran dengan menggunakan energy seluler berbentuk ATP.
Endocytosis	Perpindahan partikel-partikel berukuran besar termasuk diantaranya molekul berukuran besar sampai dengan
Exocytosis	berbentuk mikroorganisme kedalam sel melalui proses dimana membran plasma “menelan “ bahan ekstraseluler, dan membentuk kantung membran yang masuk ke dalam sel. Perpindahan material ke luar sel dengan cara membungkus material di dalam kantung membran dan menggerakkannya ke permukaan sel, melebur dengan membran dan membuangnya ke luar, sehingga isi sel bisa berdifusi ke luar.

C.4.2 Difusi Sederhana

Gerakan molekul atau ion dari daerah mana mereka berada pada konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi rendah. Perbedaan konsentrasi disebut sebagai gradien konsentrasi. Gerakan molekul menuju gradien konsentrasi akan berhenti sampai kesetimbangan tertentu, yaitu ketika terjadi distribusi yang sama dari ion



atau molekul. Proses ini pasif, karena tidak membutuhkan energi. Gambar 3.26 akan menjelaskan tentang proses difusi.



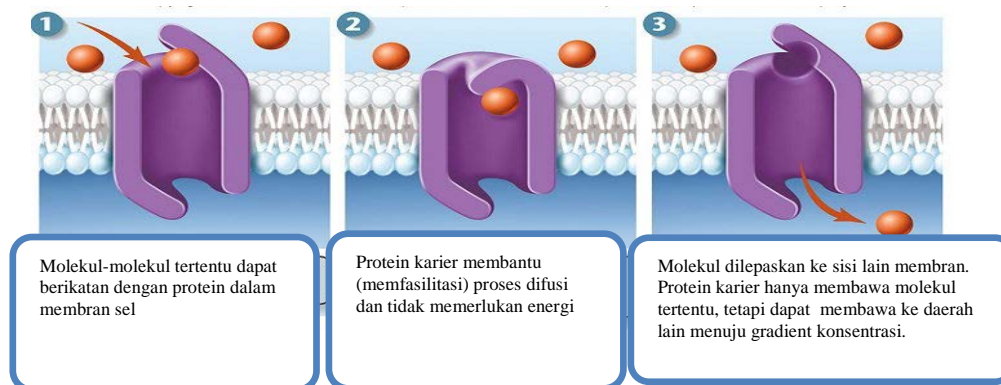
Gambar 3.26. Proses pergerakan molekul gula dari konsentrasi tinggi menuju konsentrasi

rendah.

(Sumber: <http://www.yellowtang.org/cells.php>)

C.4.3 Difusi yang difasilitasi

Gerakan molekul atau ion karena adanya bantuan. Biasanya molekul protein pada membran membantu gerakan molekul. Proses difusi terfasilitasi bisa anda pelajari pada gambar 3.27.



Gambar 3.27. Difusi difasilitasi terjadi karena adanya bantuan molekul protein membran ketika membawa molekul dari satu sisi ke sisi lain .

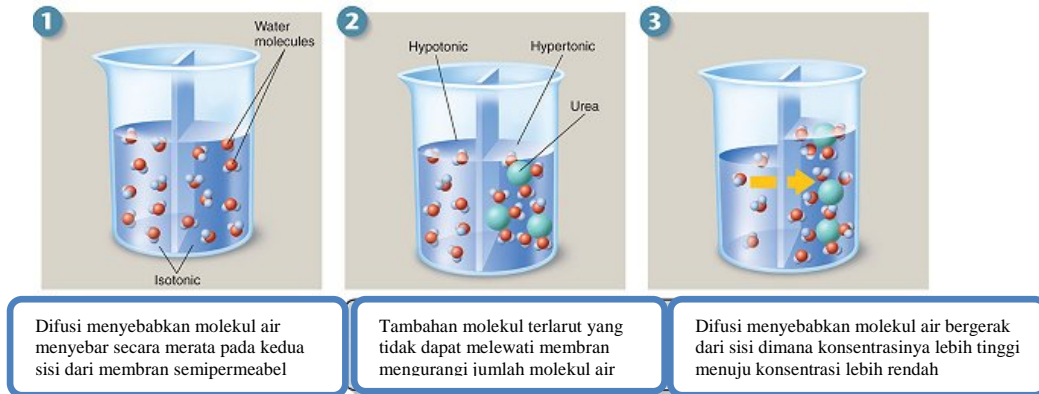
(Sumber: <http://www.yellowtang.org/cells.php>)

C.4.4. Osmosis

Osmosis merupakan kasus khusus difusi. Peristiwa ini merupakan difusi molekul air dari daerah konsentrasi air yang tinggi ke daerah konsentrasi air rendah, yaitu



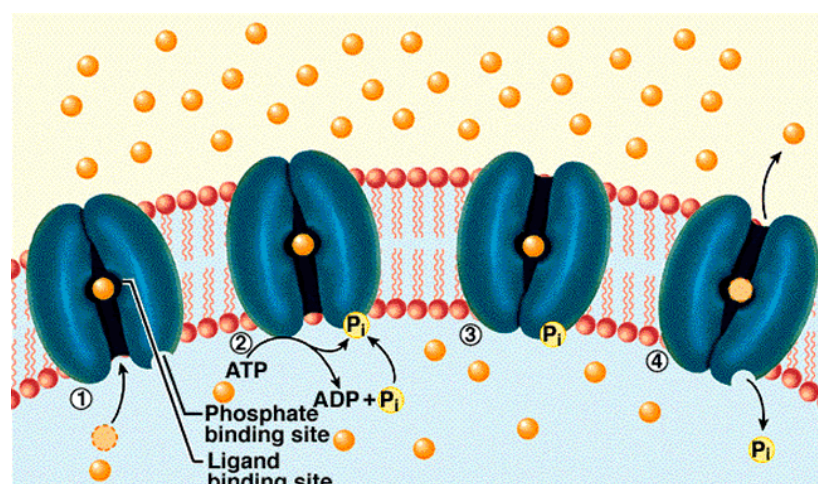
dari daerah konsentrasi zat terlarut rendah (hipotonik) ke daerah konsentrasi zat terlarut tinggi (hipertonik).



Gambar 3.28. Difusi air dari larutan konsentrasi rendah menuju larutan dengan konsentrasi tinggi (larutan urea).
(Sumber: <http://www.yellowtang.org/cells.php>)

C.4.5 Transpor Aktif

Berbeda dengan transpor pasif (difusi, osmosis ataupun difusi yang difasilitasi) perpindahan molekul tidak melibatkan energi. Pada transport aktif, energi diperlukan agar supaya perpindahan atau pengangkutan molekul bisa berlangsung. Sumber energi dalam sel diambil dalam bentuk ATP hasil metabolisme. Pengangkutan molekul ini mampu melawan gradient konsentrasi yang biasa terjadi dalam transport aktif.



Gambar 3.29. Transport Aktif, perpindahan molekul melawan gradient konsentrasi dengan menggunakan energi.
(Sumber: <http://www.yellowtang.org/cells.php>)



Ketika molekul bergerak melintasi membran dari daerah konsentrasi rendah ke daerah konsentrasi tinggi, sel harus mengeluarkan energi. Hal ini karena arah molekul berlawanan gradien konsentrasi. Proses untuk memindahkan molekul melawan gradien konsentrasi menggunakan protein pembawa disebut transpor aktif (gambar 3.29). Transpor aktif sangat spesifik: Hanya molekul atau ion tertentu dapat dipindahkan dengan cara ini, dan molekul-molekul tersebut harus dilakukan oleh protein tertentu dalam membran. Aksi protein pembawa memerlukan energi selain energi kinetik molekul. Sebagai contoh, beberapa ion, seperti natrium dan kalium, secara aktif dipompa melintasi membran plasma. Ion natrium yang dipompa keluar dari sel melawan gradien konsentrasi. Ion kalium yang dipompa ke dalam sel melawan gradien konsentrasi. Secara singkat perbedaan transport pasif dan aktif dapat disimpulkan pada diagram berikut:

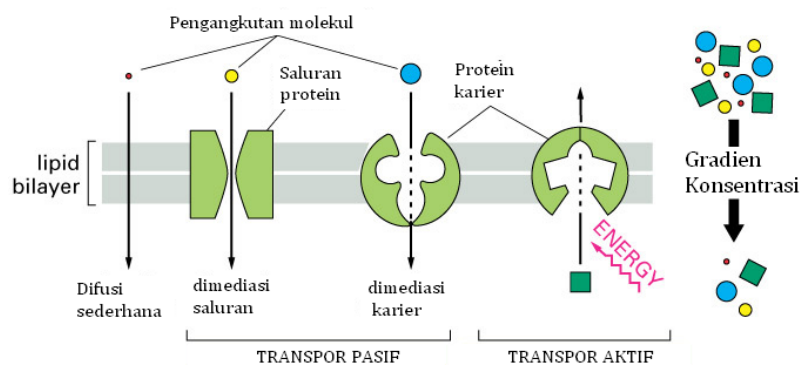
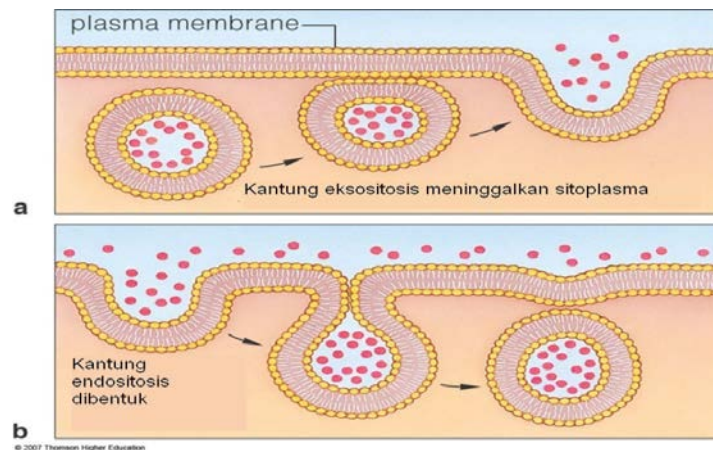


Figure 12-4 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)

Gambar 3.30. Bagan perbedaan transport pasif dan transport aktif

C.4.6 Endositosis dan Eksositosis

Perpindahan molekul-molekul berukuran besar yang tidak bisa melewati membran dilakukan dengan cara endositosis dan eksositosis. Pada beberapa hewan Protozoa peristiwa fagositosis merupakan salah satu peristiwa endositosis.



Gambar 3.31. Pergerakan molekul-molekul besar yang tidak bisa melewati membran langsung dilakukan dengan cara eksositosis dan endositosis.

Partikel yang lebih besar atau kumpulan bahan dapat diangkut melintasi membran plasma dengan cara dibungkus dalam membran, tidak dengan cara melewati molekul demi molekul melewati membran. Ketika bahan masuk ke dalam sel dengan cara ini, hal itu disebut endositosis. Ketika bahan diangkut keluar dari sel membran dalam paket terbungkus, itu dikenal sebagai eksositosis. Endositosis dapat dibagi menjadi tiga macam kegiatan: fagositosis, pinositosis, dan reseptor dimediasi endositosis.

Fagositosis adalah proses menelan partikel besar, seperti sel-sel. Misalnya, protozoa menelan makanan dan sel-sel darah putih menelan bakteri dengan membungkus mereka dengan membran dan membawa mereka ke dalam sel. Karena itu, sel-sel darah putih sering disebut fagosit. Ketika terjadi fagositosis, material yang akan ditelan menyentuh permukaan sel dan menyebabkan sebagian dari membran plasma luar akan menjorok. Membran plasma menjorok adalah mencubit off di dalam sel untuk membentuk kantung yang berisi materi ditelan. Ingat bahwa kantung ini, terdiri dari membran tunggal, disebut vakuola. Setelah di dalam sel, membran sekeras vakuola dengan membran lisosom, dan enzim lisosom memecah isi vakuola.

Pinositosis adalah proses “menelan” cairan dan bahan terlarut dalam cairan. Dalam bentuk endositosis, kantung yang terbentuk sangat kecil, dibandingkan



dengan mereka yang terbentuk selama fagositosis. Karena ukurannya yang kecil, mereka disebut vesikel. Bahkan, mikroskop elektron diperlukan untuk melihat vesikel.

C.5 Sitoskeleton dan Struktur Motil

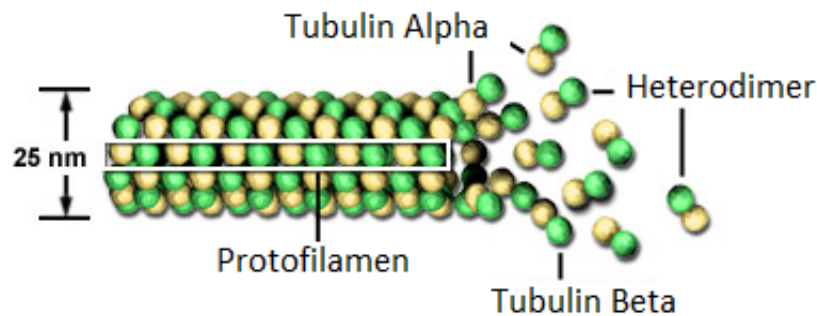
Sitoskeleton (sitos=cairan, keleton=rangka), merupakan struktur intraseluler yang ditemukan pada seluruh sel eukariot dan beberapa sel prokariot (bakteri).

Sitoskeleton ini membuat sel mempunyai bentuk, tempat tertambatnya beberapa organel dan mengarahkan gerakan yang lain, memungkinkan seluruh sel dapat bertukar bentuk dan bergerak (motilitas sel). Pengatur yang penting dan secara mekanis menghantarkan sinyal dari permukaan sel ke bagian dalam.

Sitoskeleton terlibat dalam beberapa jenis motilitas (gerak) sel. istilah motilitas sel mencakup perubahan tempat sel maupun pergerakan bagian sel yang terbatas. Motilitas sel pada umumnya membutuhkan interaksi sitoskeleton dengan protein yang disebut molekul motor. Contoh : molekul motor sitoskeleton menggoyangkan silia dan flagella. Molekul ini juga menyebabkan kontraksi sel otot vesikula mungkin berjalan ke tujuannya dan sel disepanjang “mono-rel” yang disediakan oleh sitoskeleton dan sitoskeleton memanipulasi membran plasma untuk membentuk vakuola makanan selama fagositosis. Berikut adalah 3 komponen filamen protein penyusun sitoskeleton:

1. Mikrotubula

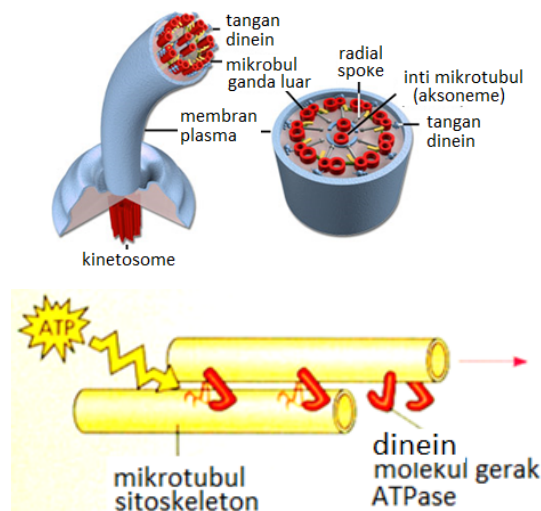
Mikrotubula strukturnya seperti tabung berongga yang dibentuk dari molekul-molekul tubulin, setiap molekul merupakan heterodimer yang terdiri dari dua sub unit globular yang terikat erat. Subunit-subunit tersebut merupakan protein sejenis yang diberi nama tubulin α dan tubulin β . Salah satu ujungnya tertanam pada *MTOC* (*Microtubulle Organizing Centre*) yang disebut dengan **sentrosom**.



Gambar 3.32. Struktur mikrotubul helikal; sumber:
<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/microtubules/microtubules.html>

Sentriol: dalam kebanyakan sel, mikrotubula tumbuh dari sentrosom, suatu daerah yang terletak dekat nukleus. Berfungsi sebagai balok penahan tekanan sitoskeleton. Didalam sentrosom sel hewan terdapat sepasang sentriol, yang strukturnya dibangun dari 9 triplet (trimer) tubulin, yang tersusun sirkuler.

Silia dan flagella merupakan bagian sitoskelet yang dimunculkan ke luar sel, berfungsi melakukan gerak bagi sel atau untuk menggerakkan senyawa di permukaan/sekitar sel. strukturnya mempunyai suatu inti (mikrotubula 9+2 dan elemen penghubung) yang diselimuti oleh suatu membran, 9 doublet mikrotubula tersusun membentuk cincin. Ditengah-tengah cincin terdapat 2 mikrotubula tunggal (singlet). Masing-masing dari dua singlet merupakan mikrotubulus yang terpisah dan lengkap (dibangun oleh 13 protofilamen).



Gambar 3.33 Struktur silia dan flagel;
(Sumber: <http://micro.magnet.fsu.edu/cells/ciliaandflagella/ciliaandflagella.html>)



Mikrotubula mempunyai fungsi mengarahkan gerakan komponen-komponen sel, mempertahankan bentuk sel, serta membantu pembelahan sel secara mitosis.

2. Filamen intermediet

Filamen intermediet adalah rantai molekul protein yang berbentuk untaian yang saling melilit. Filamen ini berdiameter 8-10 nm. Disebut serabut intermediet (antara) karena berukuran diantara ukuran mikrotubula dan mikrofilamen. Serabut ini tersusun atas molekul-molekul protein fibrosa. Strukturnya menggulung seperti kabel, terbentuk dari beberapa protein yang berbeda dari keluarga keratin. Di dalam sel, filamen ini berada di sebelah dalam membran, membentuk jaring-jaring (network) disebut nuclear lamina.

3. Mikrofilamen/filamen aktin

Mikrofilamen adalah rantai ganda protein yang saling bertaut dan tipis, terdiri dari protein yang disebut aktin. Strukturnya fleksibel, terdapat banyak pada sel korteks dan yang terkonsentrasi dibawah membran sel. Mikrofilamen berdiameter antara 5-6 nm. Karena kecilnya sehingga pengamatannya harus menggunakan mikroskop elektron.

Gerakan sel otot: ditinjau dari segi mikroskopis terdapat dua jenis sel otot yaitu sel otot polos dan sel otot melintang atau lurik. Sel otot lurik berukuran panjang 1-40 mm, lebar 10-50 μ m. Setiap sel mengandung lebih kurang seratus nuklei dan sejumlah berkas filamen yang disebut miofibril. Setiap miofibril tersusun dari deretan sarkomer yang masing-masing berukuran panjang 2 μ m pada saat sel otot istirahat. Setiap sarkomer mengandung dua macam filamen yaitu filamen tebal yang disebut miosin dan filamen tipis yang disebut kompleks aktin. Dua macam filamen ini tersusun sejajar satu terhadap yang lain.



Tabel 3.9 Perbandingan antara sifat mikrotubula, mikrofilamen dan filamen intermediet:

Sifat	Mikrotubula	Filamen Intermediet	Mikrofilamen
Struktur	Berongga dengan dinding terdiri dari 13 protofilamen	Padat terdiri dari polimer aktin (aktin-F)	Berongga dengan dinding terdiri dari 4-5 protofilamen
Garis tengah	24	7	10
Kesatuan monomer	Tubulin α dan β	Aktin-G	5 jenis protein
Aktifitas ATP-ase	Terletak di Dinein	-	-
Fungsi	Pergerakan pada Eukariota, pergerakan kromosom, gerakan materi intrasel dan memelihara bentuk sel	Kontraksi otot, perubahan bentuk sel, aliran protoplasma dan sitokinesis	Menggabungkan kesatuan kontraktile di dalam sel-sel otot

C.5.1 Struktur ekstraseluler

Dalam tubuh organisme multiseluler, tubuh tidak hanya dibangun oleh sekelompok sel, tetapi selain kelompok sel terdapat pula ruang ekstraseluler dilengkapi oleh jalinan rumit makromolekul yang disebut matriks ekstraseluler. Matriks ini merupakan berbagai jenis protein dan polisakarida yang disekresikan oleh sel-sel pada jaringan tersebut. Contoh jaringan yang kaya akan matriks adalah jaringan ikat. Jenis jaringan ikat sangat bervariasi, maka kandungan matriks ekstraselulernya pun sangat bervariasi, disesuaikan dengan fungsi jaringan ikat.

Dua jenis makromolekul ekstraseluler utama :

- Glikosaminoglikan (GAGs) berupa rantai polisakarida dan kebanyakan berikatan secara kovalen dengan protein dalam bentuk proteoglikan. Disebut



GAG karena satu dari dua residu gula, gula amino (N-asetylglucosamine/ N-asetyleglucosamine-4-sulphate) sedangkan gula yang satu lagi adalah uranic acid (glucuronic/induronic). Contoh dari GAG adalah Hyaluron acid, Chondroitin sulfate dan dermatan sulfat, Heparan sulfate, Keratin sulfate.

- Protein Fibrosa terdiri dari: Kolagen, merupakan protein berbentuk serabut yang banyak terdapat di dalam matriks ekstraseluler jaringan tubuh hewan multiseluler. Disekresikan oleh sel-sel jaringan ikat, juga beberapa jenis sel. Sebagai komponen utamanya adalah kulit dan tulang. Ciri khas komponen kolagen adalah panjang, kaku, struktur heliks beruntai tiga.
- **Elastin**, komponen utamanya adalah protein (dibangun oleh sekitar 750 asam amino) yang hidrofobik, terdapat di sekitar membran plasma. Setelah disekresikan ke ruang matriks ekstraseluler dan digabung menjadi serabut elastin yang lain, supaya menjadi anyaman serabut dan lembaran yang kuat serta dapat memberikan daya kenyal untuk membatasi daya rentang dan mencegah robeknya jaringan.
- **Fibronectin dan Laminin**, merupakan protein yang berikatan dengan karbohidrat disebut glikoprotein. Terdapat 3 macam fibronectin yaitu ; 1) Fibronectin plasma yang terdapat pada darah dan cairan tubuh. 2) Fibronectin permukaan sel, dan 3) Fibronectin matriks. Laminin protein matriks ekstraseluler merupakan tiga rantai polipeptida dan fibronectin terikat pada protein reseptor. Terdapat pada membran plasma.

Fungsi matriks ekstraseluler adalah sebagai penyangga, perekat, pergerakan, dan pengaturan.

Matriks Ekstraseluler

Sebagian besar sel pada hewan dan tumbuhan multiseluler, tersusun dalam jaringan yang saling berhubungan antara sel yang satu dengan yang lain dan dengan matriks ekstrasel yang berada diantara sel. Tumbuhan dan hewan memiliki matriks ekstrasel yang di konstruksikan secara berbeda. Matriks ekstrasel pada tumbuhan berupa dinding sel, yang melindungi dan memberi bentuk setiap sel, sedangkan matriks ekstrasel pada hewan lebih bervariasi.

Matriks ekstraseluler (ECM) merupakan suatu matriks di luar sel yang berbatasan dengan membran plasma. Matriks ekstraseluler lebih dari sebuah



pengemas yang inert atau perekat yang tidak spesifik yang menyangga sel secara bersamaan, akan tetapi juga berperan penting dalam menentukan bentuk dan aktivitas sel. Contohnya; enzim pencernaan dari ECM yang mengelilingi sel tulang rawan atau sel epitel kelenjar susu menyebabkan penurunan aktivitas sekresi dan sintesis sel. Penambahan materi ECM ke dalam cawan kultur dapat mempertahankan kondisi sel yang telah terdiferensiasi dan mempertahankan kemampuan sel untuk menghasilkan produknya.

Beberapa macam matriks ekstrasel pada hewan:

1. Membran Basal (Basal lamina)

Membran ini memiliki ketebalan 50-200 nm, yang mengelilingi serabut saraf, sel otot dan sel lemak, berada di permukaan bawah/dasar dari jaringan epitel seperti epidermis kulit, atau lapisan saluran pencernaan dan pernapasan, dan di bawah lapisan endothelium bagian dalam dari pembuluh darah.

Membran basal berfungsi :

- Sebagai tempat pelekatan sel
- Memberikan sinyal yang mengatur pertahanan sel
- Sebagai substrat untuk migrasi sel
- Membatasi jaringan dalam suatu organ
- Membran basal mencegah lalunya protein dari darah → pada dinding kapiler dalam ginjal double layer yang memisahkan kapiler dari glomerulus dari dinding tubulus ginjal.
- Membrane basal juga sebagai barier untuk invasi sel ke jaringan oleh sel kanker.

Meskipun matrik ekstraseluler memiliki bentuk yang berbeda pada jaringan dan organism yang berbeda, namun terdiri dari makromolekul serupa. Protein ini disekresikan ke ruang ekstraseluler di mana mereka mampu tersusun sendiri menjadi jaringan tiga dimensi yang saling terhubung, yang digambarkan pada gambar

2. Kolagen

Kolagen merupakan serabut glikoprotein yang hanya terdapat dalam matriks ekstrasel. Kolagen dapat ditemukan pada kingdom animalia dan diketahui memiliki daya tarik kuat yang kebal terhadap gaya tarik (menarik/*pull*). Diperkirakan serat kolagen berdiameter 1 mm mampu menahan berat

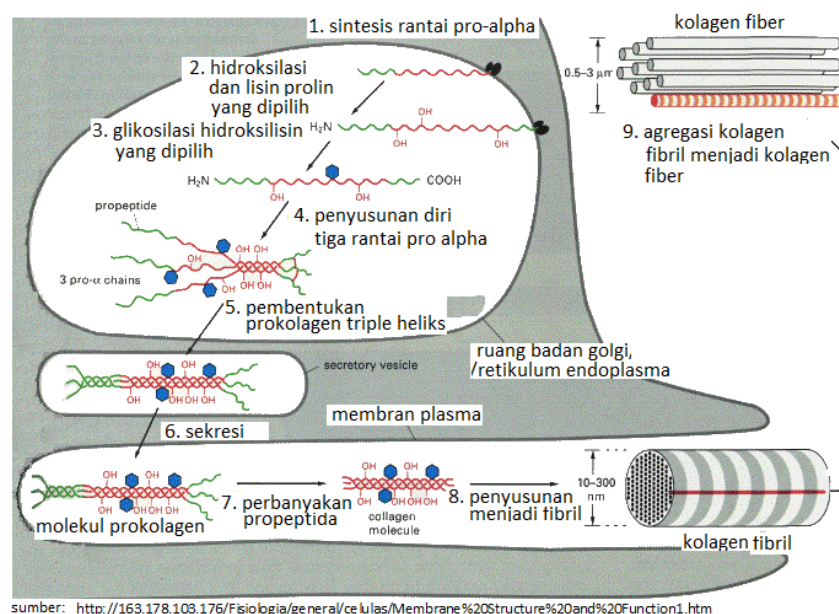


sebesar 20 kg (22lb) tanpa merusak. Kolagen adalah single protein yang paling melimpah di tubuh manusia (lebih dari 25 % seluruh protein). Disintesis terutama oleh fibroblast, sel otot polos dan sel epitel. Ada 27 jenis tipe kolagen dalam tubuh manusia. Struktur kolagen memiliki kesamaan pada:

- Semua molekul kolagen yang memiliki trimer yang terdiri dari rantai polipeptida → disebut rantai α .
- 3 rantai polipeptida kolagen berikatan membentuk struktur yang unik *rodlike triple helix*

Ada 3 tipe kolagen berdasarkan *fibrillar collagen* yaitu kolagen tipe I, II, dan III, karena tersusun dalam bentuk rigid, serabut seperti kabel, yang dikemas dalam serat yang lebih tipis, namun cukup jelas jika dilihat menggunakan mikroskop. Fibril diperkuat oleh *covalent cross link* antara residu lisin dan hidroksilisin pada molekul kolagen. Proses *cross link* tersebut dapat berlangsung seumur hidup dan dapat menurunkan elastisitas kulit dan meningkatkan kerapuhan tulang. Tidak semua kolagen membentuk fibril, salah satu kolagen nonfibril adalah kolagen tipe IV yang didistribusikan terbatas pada membrane basal.

Sintesis Kolagen



Gambar 3.34. Proses sintesis kolagen.

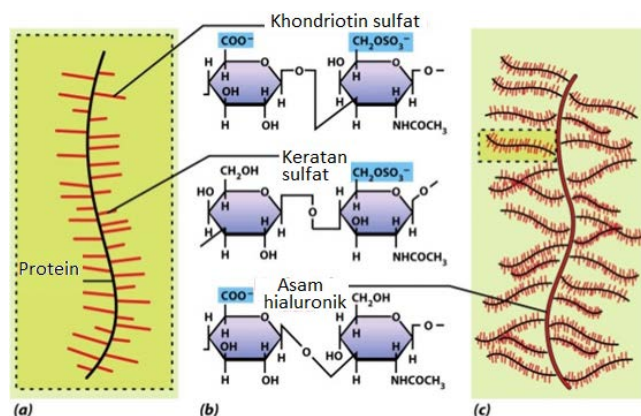


Proses sintesis kolagen terdiri atas 9 tahapan mulai dari sintesis rantai pro-alpha yang terjadi di luar ruang badan golgi atau retikulum endoplasma. Tahap selanjutnya terjadi di dalam ruang badan golgi yaitu proses hidroksilasi prolin dan lisin. Tahap keempat adalah glikosilasi hidroksilisin dan penyusunan prokolagen yang selanjutnya dikemas dalam vesikel-vesikel dan dibawa ke ruang lainnya perbanyakan dan penyusunan kolagen fibril. Kolagen fibril akan dibawa keluar untuk dilakukan agregasi menjadi kolagen fiber. Kolagen merupakan komponen protein pembangun tendon, kulit dan tulang.

3. Proteoglikan

Proteoglikan merupakan kompleks protein polisakarida. Terdiri atas core protein yang berikatan dengan rantai *glikosaminoglikans* (GAGs), terdiri atas disakarida yang berulang, rantai ini memiliki struktur –A-B-A-B-A-, dimana A dan B merupakan dua gula yang berbeda. GAGs adalah asam yang sangat tinggi yang melekatkan golongan sulfat dan karboksil pada rantai gula (gambar. (b)). Proteoglikan pada matriks ekstrasel merupakan ikatan kompleks core proteins dengan molekul hyaluronic acid, non sulfat GAG (gambar (c)).

Proteoglikans mengikat banyak molekul air karena banyaknya muatan negative pada GAGs sulfat, sehingga membuat proteoglikan mengikat banyak kation. Hasilnya proteoglikans membentuk gel yang porous. Kolagen dan proteoglikans memberikan kekuatan pada kartilago dan materi ekstrasel lain dan kebal terhadap deformasi.



Gambar 3.35. Struktur Proteoglikan tipe kartilago
<http://yxsj.baiduyy.com/whole/html/chapter7.htm>



4. Fibronectin

Fibronectin terdiri dari domain-domain protein, yang terdiri dari dua polipeptida yang mengandung:

- 1). Binding site untuk komponen ECM yang lain, seperti kolagen, proteoglikans, dan molekul fibronectin yang lain. Binding site ini difasilitasi oleh interaksi yang menghubungkan berbagai molekul ini menjadi stabil.
- 2). Binding site untuk penerima pada permukaan sel. Binding site ini menahan ECM melekat pada sel.

Fibronectin berperan dalam migrasi, diferensiasi dan pertumbuhan. Mutasi pada fibronectin dapat menyebabkan kegagalan pada pertumbuhan embrio yang sudah dimulai pada saat gastrula.

5. Laminin

Laminin merupakan glikoprotein yang mengandung tiga jenis rantai polipeptida yang berbeda, diikat oleh ikatan disulfida dan diatur dalam sebuah molekul menyerupai salib dengan tiga lengan pendek dan satu lengan panjang. Berperan dalam migrasi sel, diferensiasi sel dan pertumbuhan. Contohnya laminin memainkan peranan penting dalam migrasi *primordial germ cell*.

D. Aktivitas Pembelajaran

LK1 : Bagaimana Memahami Struktur sel Tumbuhan?

Setiap makhluk hidup dibangun oleh sel, baik tumbuhan maupun hewan. Apakah yang membedakan struktur sel tumbuhan dan hewan? Dalam kegiatan ini anda akan diajak untuk mengingat kembali perbedaan struktur sel tumbuhan berdasarkan pengamatan Robert Hooke pada sel gabus sebagai sel mati dan pengamatan sel epidermis bawang sebagai sel tumbuhan hidup.

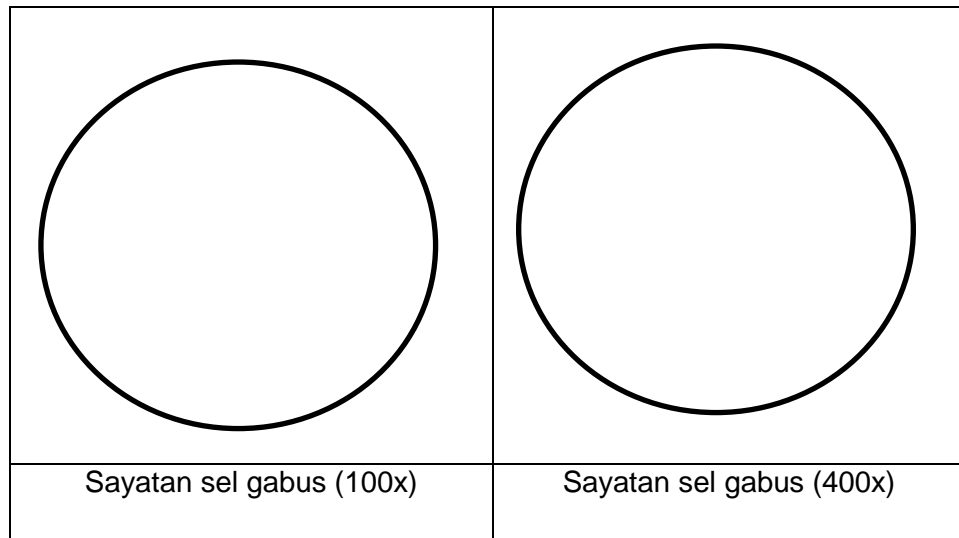
Prosedur:

A. Struktur Sel Gabus

1. Siapkan obyek gelas yang bersih dengan cover gelasnya.
2. Teteskan satu tetes air di atas obyek gelas.



3. Buatlah sayatan gabus yang tipis, kemudian letakkan di atas permukaan tetesan air, tutuplah dengan cover gelas dengan hati-hati sehingga tidak terbentuk gelembung udara.
4. Amati di bawah mikroskop dengan menggunakan pembesaran 100x, gambarlah hasil pengamatan anda!



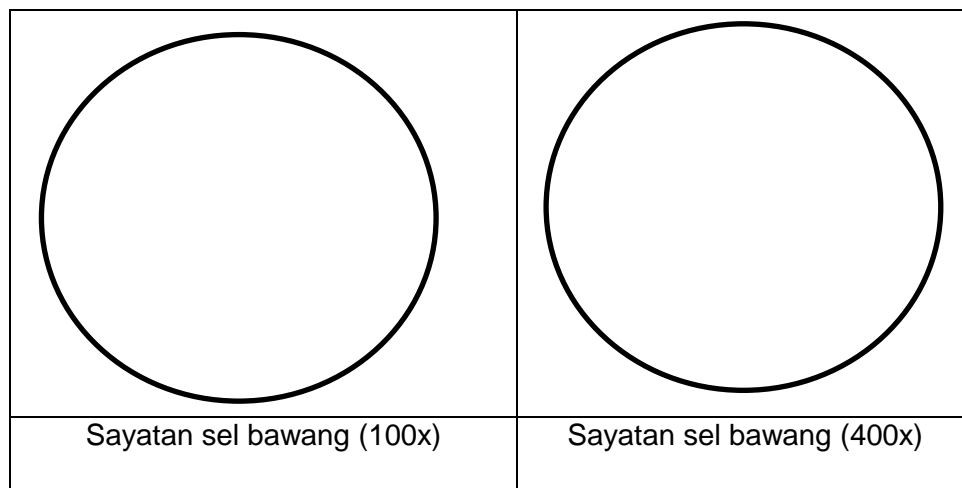
5. Berdasarkan gambar hasil pengamatan, jawablah pertanyaan berikut:
 - a) Jelaskan bentuk umum dari sayatan gabus yang anda amati?
 - b) jelaskan mengapa gambar di atas disebut sebagai sel (berdasarkan Robert Hooke)?
 - c) Bagaimana anda menjelaskan bahwa hasil pengamatan sayatan gabus, merupakan sebuah ruang-ruang kecil, bukan merupakan sebuah bidang?
 - d) Gunakan gambar berikut untuk menjelaskan pertanyaan b.



- e) Berdasarkan gambar di atas, hitunglah ukuran sel! Bagaimana anda mengukur ukuran sel gabus yang kamu amati?
- f) Menurut anda, apakah sayatan gabus yang diamati di bawah mikroskop merupakan konsep sel yang dimaksud dalam teori sel? Jelaskan! Apakah konsep sel menurut Robert Hooke?

B. Struktur Sel Epidermis Bawang

1. Siapkan obyek gelas dan cover gelas yang bersih
2. Teteskan satu tetes air di atas obyek gelas, dengan hati-hati letakkan sayatan epidermis bawang di atas obyek gelas. Hindari terjadinya lipatan pada epidermis bawang.
3. Tetesi bagian lapisan epidermis bawang yang ada di atas obyek gelas dengan pewarna (larutan yodium atau metil biru).
4. Tutuplah dengan hati-hati menggunakan cover gelas, hindari terbentuknya gelembung udara. Gunakan kertas isap untuk mengurangi kelebihan cairan.
5. Amati preparat di bawah mikroskop kemudian gambarkan hasil pengamatan anda dengan pembesaran 100x dan 400x.



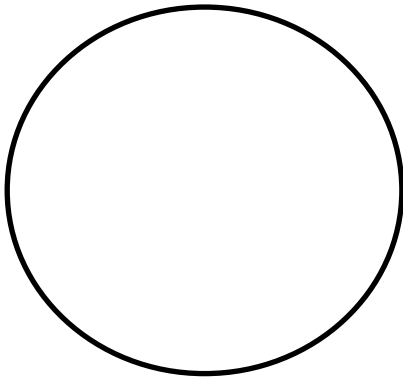
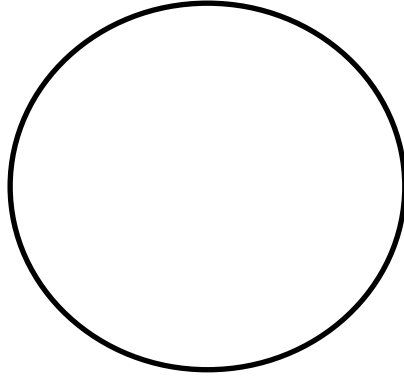
6. Berdasarkan hasil pengamatan, jawablah pertanyaan-pertanyaan di bawah ini:
 - a. Jelaskan bentuk umum dari sel-sel yang anda amati!
 - b. Sebutkan persamaan dan perbedaan antara sayatan gabus dan lapisan epidermis bawang, berdasarkan bentuk dan ukurannya?



- c. Amati struktur sel gabus dan lapisan bawang (bagian-bagian), apakah perbedaan dan persamaan dari sel gabus dan sel lapisan epidermis bawang?
- d. Sebutkan bagian-bagian yang bisa anda amati pada lapisan bawang?
- e. Amati film tentang pengukuran sel pada alamat berikut:
Field of View <https://www.youtube.com/watch?v=iNh3FatqAAY>.
Hitunglah sel bawang yang anda amati. Berapa ukuran rata-rata panjang dan lebar untuk setiap selnya?

C. Sel Epitel Pipi

1. Siapkan obyek gelas dan cover glass yang bersih.
2. Siapkan tusuk gigi dan larutan yodium.
3. Teteskan satu tetes air di atas obyek gelas.
4. Dengan menggunakan tusuk gigi, sentuhkan ujung tusuk gigi pada pipi bagian dalam. Sentuhkan ujung tusuk gigi dengan hati-hati, jangan sampai melukai pipi.
5. Sentuhkan ujung tusuk gigi yang sudah dioleskan pada pipi bagian dalam di atas permukaan air yang ada di permukaan obyek gelas.
6. Teteskan satu tetes yodium pada permukaan obyek gelas yang sudah dioleh ujung tusuk gigi.
7. Tutup dengan cover gelas dan hindarkan terbetuknya gelembung.
8. Amati di bawah mikroskop
9. Gambarkan hasil pengamatan anda pada bagian di bawah ini:

	
Sayatan sel bawang (100x)	Sayatan sel bawang (400x)



10. Berdasarkan hasil pengamatan di atas, jawablah pertanyaan-pertanyaan berikut!

- Jelaskan bentuk umum dari sel-sel di atas?
- Perkirakanlah Ukur rata-rata sel? Berapa rasio panjang dan lebar sel?
- Bila anda ingin mengetahui tinggi sel, bagaimana anda bisa memperoleh informasi tersebut? Jelaskan!

LK2 : Sifat Kimia Protoplasma

Dalam kegiatan ini anda akan melakukan pengujian terhadap bahan-bahan organik yang ada dalam protoplasma (sel). Untuk melakukan kegiatan ini, anda harus menyiapkan alat dan bahan serta melakukan kegiatan yang dijelaskan pada prosedur berikut:

Prosedur:

- Menyiapkan bahan
 - Siapkan 15 tabung reaksi yang bersih dan kering. Bagilah tabung reaksi menjadi 3 kelompok (A, B, C) dan berilah label pada kelima tabung reaksi.
 - Tambahkan larutan berikut :
 - 12 tetes air
 - 12 tetes larutan protein (putih telur)
 - 12 tetes larutan tepung (kanji)
 - 12 tetes larutan glikogen
 - 12 tetes larutan lemak
 - Tambahkan larutan penguji pada setiap grup:
 - Uji Biuret (kelompok A) 12 tetes NaOH dan 3 tetes CuSO_4
 - Uji Lugol (kelompok B) 5 tetes larutan yodium
 - Uji Transparansi lemak (kertas)
 - Catat perubahan warna yang terjadi untuk setiap tabung reaksi pada tabel.



	Warna Tes Biuret	Warna Tes Yodium	Transparansi tes
Air			
Protein			
Tepung			
Glikogen			
Lemak			

5. Simpan tabung reaksi yang berfungsi sebagai kontrol.
6. Jawablah pertanyaan berikut!
 - a. Tunjukkan tes mana yang mengidentifikasi kelompok utama makromolekul?
 - b. Larutan mana yang digunakan sebagai kontrol negatif untuk seluruh reaksi?
 - c. Apa tujuan dari kontrol yang positif?

Eksperimen

Prosedur:

1. Siapkan 24 tabung reaksi yang bersih dan kering.
2. Pisahkan menjadi 3 kelompok (A,B,C), masing-masing 8 tabung. Berikan label pada setiap tabung.
3. Tambahkan bahan-bahan berikut pada tabung yang sesuai untuk setiap kelompoknya:
 - a. 12 tetes susu
 - b. Sedikit serpihan kentang dan tambahkan 2 tetes air
 - c. Sedikit potongan hati ayam dan tambahkan 2 tetes air
 - d. 12 tetes minyak kedelai
 - e. 12 tetes bahan 1
 - f. 12 tetes bahan 2
 - g. 12 tetes bahan 3
 - h. 12 tetes bahan 4
4. Tambahkan larutan penguji berikut pada semua tabung dalam setiap kelompok yang tepat:



- a. Tes biuret (kelompok A)
 - b. Tes Yodium (kelompok B)
 - c. Tes Sudan IV (kelompok C)
5. Bandingkan tabung eksperimen dengan tabung kontrol pada percobaan pertama, catatlah hasilnya pada tabel. Tunjukkan apakah makromolekul yang dituliskan ditemukan atau tidak ditemukan dalam material yang telah diuji.

	Tes Biuret		Tes Yodium		Tes Transparansi	
	Warna	Protein	Warna	Karbohidrat	Transpar	Tidak
Susu						
Kentang						
Hati						
Minyak kedelai						
Bahan 1						
Bahan 2						
Bahan 3						
Bahan 4						

Pertanyaan:

1. Apakah hasil eksperimen mengidentifikasi semua makromolekul yang anda harapkan ditemukan pada setiap sampel? Jelaskan!
2. Tuliskan beberapa contoh bahan lain dari sel-sel hidup yang menurut anda dapat digunakan untuk menguji adanya makromolekul?
3. Apakah hasil yang negatif berarti bahwa tidak ada satupun makromolekul dalam bahan? Jelaskan!
4. Apakah fungsi dari kontrol dari eksperimen biologi? Nilai eksperimen apakah yang diperoleh bila sebuah eksperimen tidak menggunakan kelompok kontrol?



LK3 : Transportasi pada membran

A. Difusi Gas

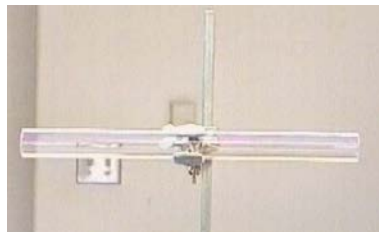
Difusi merupakan gerakan molekul dari daerah yang konsentrasinya tinggi ke daerah yang konsentrasinya rendah. Gerakan molekul ini akibat adanya energi kinetik. Dalam kegiatan ini anda akan mengamati gerakan gas HCl dan NH_4OH dalam tabung difusi.

Alat : Tabung gelas difusi dan statif

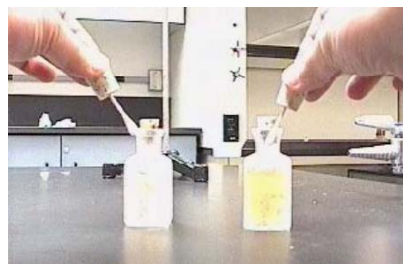
Bahan: HCl dan NH_4OH , kapas, cotton bath, tutup gabus tabung

Prosedur:

1. Susunlah tabung gas seperti gambar berikut:



2. Siapkan larutan HCl pekat dan NH_4OH (hati-hati jangan terkena tubuh).



3. Tancapkan salah satu ujung cotton bath pada gabus kemudian celupkan pada masing-masing larutan (lihat gambar).
4. Segera masukkan tutup gabus pada tabung.
5. Amati asap gas, tandai gerakannya setiap menit.
6. Jawablah pertanyaan berikut!
 - a. Berdasarkan hasil pengamatan, gas mana yang memiliki kecepatan difusi lebih tinggi?
 - b. Apa yang menyebabkan perbedaan kecepatan difusi pada kedua jenis gas? Jelaskan!



B. Osmosis

Osmosis adalah difusi molekul air melalui sebuah membran permeabel. Molekul-molekul air bergerak dari daerah yang konsentrasi airnya tinggi ke daerah yang konsentrasi airnya rendah. Pada percobaan ini, anda akan menentukan nilai osmosis kentang.

Alat dan Bahan:

Gelas kimia, pelubang gabus, petridish, mistar atau timbangan, kentang, gula pasir, akuades, gelas ukur, pengaduk.

Prosedur:

1. Buatlah potongan kentang yang memiliki ukuran panjang yang sama atau berat yang sama.
2. Buatlah beberapa jenis larutan gula dengan persentase antara 0, 0.25, 0.50, 0,75 dan 1M.
3. Masukkan masing-masing 3 potongan kentang pada larutan yang berbeda. Biarkan selama 1 – 2 jam
4. Catatlah perubahan ukuran atau berat pada setiap kentang.
5. Buatlah kesimpulan tentang nilai osmotis dari kentang

E. Latihan/Kasus/Tugas

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat!

1. Sel menurut Robert Hooke adalah...
 - A. Bagian terkecil dari jaringan gabus
 - B. Ruang-ruang kecil yang dibatasi dinding pada jaringan gabus
 - C. Kesatuan structural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup
 - D. Kesatuan hereditas terkecil dari makhluk hidup
 - E. Kesatuan structural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup yang mengandung bahan-bahan hereditas.
2. Pernyataan berikut yang tepat mengapa virus tidak dikelompokkan ke dalam makhluk hidup berdasarkan teori sel karena....
 - A. Ukuran virus sangat kecil dan bersifat parasit pada makhluk hidup
 - B. Mampu melakukan reproduksi meskipun harus masuk ke dalam organism lain.



- C. Struktur virus hanya dibangun oleh Asam nukleat dan protein serta tidak mampu melakukan reproduksi sendiri.
- D. Virus bisa dikristalkan dan hanya hidup dalam organism hidup
3. Perhatikan gambar berikut! Berdasarkan gambar disamping, ukuran sel yang mendekati adalah ...

- A. Panjang 50 um lebar lebar 30um
- B. Panjang 50 mm lebar 20 mm
- C. Panjang 30 um lebar 20 um
- D. Panjang 3 um lebar 2,5 um



4. Berdasarkan teori koloid lama tentang protoplasma, ada 4 kemungkinan bentuk dari koloid protoplasma yaitu granular, fibrilar, retikular dan alveolar. Gambar di bawah ini menunjukkan keempat teori tentang koloid protoplasma. Urutan nama yang benar berdasarkan konsep gambar

p
r
o
t
o
p
l



lasma adalah ...

- a. Granular, fibrilar, alveolar dan retikuler
- b. Granular, fibrilar, retikuler dan alveolar
- c. Alveolar, fibrilar, alveolar dan retikuler
- d. Alveolar, fibrilar, retikuler dan granular
5. Perbedaan sistem larutan, koloid dan suspensi yang benar pada tabel di bawah ini

No.	Ciri	Bentuk Campuran		
		Larutan	Koloid	Suspensi
A	Ukuran	Kurang dari 1	Antara 1 – 1000	Lebih besar dari



No.	Ciri	Bentuk Campuran		
		Larutan	Koloid	Suspensi
	partikel	nm	nm	100 nm
B	Sifat alami	Heterogen	Heterogen	Homogen
C	Penampakan partikel	Tampak di bawah mikroskop	Tidak tampak	Tampak dengan mata telanjang
D	Kemampuan menyaring	Mudah melewati kertas saring dan membran sel	Tidak bisa menembus kertas saring maupun membran sel	Mudah menembus kertas saring tetapi tidak bisa menembus membran sel

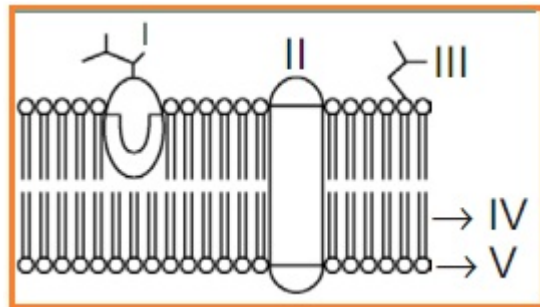
6. Untuk melakukan pengujian makromolekul diperlukan indikator penguji. Setiap indikator bereaksi khas terhadap zat yang diujinya dilihat dari reaksi warna yang dihasilkan. Berikut yang benar antara indikator penguji dengan warna yang dihasilkan oleh zat yang diujinya adalah...

	Indikator Penguji	Lemak	Karbohidrat	Protein
A	Biuret	Ungu	Biru	Ungu
B	Benedict	Biru	Merah bata	Ungu
C	Yodium	Tidak berubah	Biru	Tidak berubah
D	Sudan III	Transparan	Tidak berubah	Tidak berubah

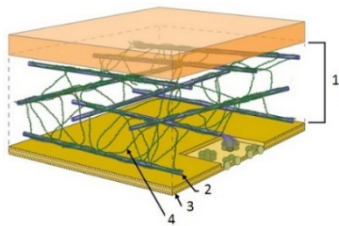
7. Membran sel merupakan suatu “fluid mosaic” karena...
- Adanya air dalam membran
 - Membran terdiri dari lipid dan protein yang dapat bergerak
 - Protein transport memungkinkan adanya pergerakan molekul air
 - Membran terdiri dari gugus hidrofobik dan hidrofilik



8. Pada struktur membran berikut ini, bagian yang bersifat hidrofilik yaitu . . .



- A. I
B. II
C. III
D. IV
9. Berdasarkan gambar berikut:



Matriks dinding sel adalah yang bernomor

- A. 1 dan 2
B. 2 dan 3
C. 3 dan 4
D. 2 dan 4
10. Berikut adalah tahapan sintesis senyawa kolagen fibril:
- 1) sintesis rantai pro-alpha di luar ruang badan golgi atau retikulum endoplasma.
 - 2) proses hidroksilasi prolin dan lisin.
 - 3) glikosilasi hidroksilisin
 - 4) penyusunan diri rantai pro-alpha
 - 5) Pembentukan prokolagen triple heliks
 - 6) dikemas dalam vesikel-vesikel dan dibawa ke ruang lainnya - sekresi
 - 7) perbanyakkan propeptida
 - 8) penyusunan kolagen fibril.
 - 9) Agregasi menjadi kolagen fiber.



Urutan proses sintesis kolagen fibril yang benar adalah...

- A. 1-2-3-4-5-6-7-8-9
- B. 1-2-3-5-6-4-7-8-9
- C. 1-2-3-5-4-6-7-8-9
- D. 1-2-3-6-7-4-5-8-9

F. Rangkuman

Sejarah penemuan sel, menggambarkan sejarah perkembangan teori sel sejak pertama kali Robert Hooke berhasil mengamati bagian-bagian yang terkecil yang membentuk gabus dan Antonio von Leuweunhoeek menemukan berbagai jenis mikroorganisme telah mendorong para ahli lain untuk mempelajari lebih lanjut tentang struktur sel. Temuan para ahli lebih lanjut menghasilkan sebuah kesimpulan bahwa sel merupakan bagian struktural terkecil dari makhluk hidup, kesatuan fungsional, hereditas dari makhluk hidup.

Perkembangan teknologi lebih canggih membantu pemahaman para ahli tentang struktur sel yang dibangun oleh protoplasma beserta organel-organel yang membentuknya. Fungsi dari setiap organel memberikan pemahaman kepada kita bagaimana sel mampu melakukan fungsi kehidupan, pelestarian maupun proses-proses kehidupan lainnya.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda menyelesaikan soal latihan di atas, Anda dapat menghitung tingkat keberhasilan Anda dengan menggunakan kunci/rambu-rambu jawaban yang terdapat pada bagian akhir modul ini. Jika Anda memperkirakan bahwa pencapaian Anda sudah melebihi 80%, silahkan terus mempelajari kegiatan Pembelajaran berikutnya. Tamun jika Anda pencapaian Anda masih kurang dari 85%, sebaiknya Anda ulangi kembali mempelajari kegiatan pembelajaran ini.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4: SISTEM PENCERNAAN MANUSIA

Modul ini disusun sebagai sumber bahan ajar bagi guru untuk memahami topik sistem pencernaan pada manusia dan kesehatannya, guru dapat memiliki dasar pengetahuan untuk mengajarkan materi yang sama ke peserta didiknya yang disesuaikan dengan tujuan pembelajaran biologi di sekolah. Selain itu, materi ini juga aplikatif untuk guru sendiri sehingga mereka dapat menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari.

Di dalam bahan ajar ini dijelaskan tentang organ-organ penyusun saluran pencernaan, proses pencernaan yang terjadi pada organ-organ sistem pencernaan, kandungan gizi yang terdapat pada bahan makanan dan fungsinya serta berbagai gangguan atau penyakit pada sistem pencernaan manusia. Di dalam bahan ajar ini juga dilengkapi dengan evaluasi yang komprehensif sebagai sarana latihan bagi guru biologi, yang akan berguna juga dalam menghadapi uji kompetensi.

A. Tujuan

1. Membekali peserta diklat pengetahuan dan pemahaman agar mampu menyampaikan konsep keterkaitan antara nutrisi dan manfaatnya bagi tubuh dalam pembelajaran di kelas, hingga siswa menemukan dan dapat menyebutkan pentingnya gizi seimbang dalam memelihara kesehatan tubuh.
2. Membekali peserta diklat pengetahuan dan pemahaman agar mampu menyampaikan konsep keterkaitan antara struktur dan fungsi sel pada sistem pencernaan dalam pembelajaran di kelas, hingga siswa menemukan dan dapat menyebutkan pentingnya sistem pencernaan dalam tubuh manusia.



B. Indikator Ketercapaian Kompetensi

1. Setelah mempelajari bagian ini peserta diklat diharapkan dapat mengidentifikasi dan menjelaskan jenis-jenis zat makanan yang dibutuhkan oleh manusia, berikut angka kecukupannya. Peserta juga diharapkan mampu mengevaluasi keseimbangan berat badan dengan tinggi badan, serta menyusun menu yang memenuhi komposisi gizi seimbang.
2. Setelah mempelajari bagian ini peserta diklat diharapkan dapat mengidentifikasi dan menjelaskan adanya keterkaitan antara struktur dan fungsi sel penyusun jaringan sistem pencernaan makanan manusia.

C. Uraian Materi

Makanan Dan Tubuh Manusia

Nutrisi atau gizi adalah substansi organik yang dibutuhkan organisme untuk fungsi normal dari sistem tubuh, pertumbuhan, pemeliharaan kesehatan. Komponen-komponen nutrisi utama yang diperlukan oleh makhluk hidup adalah sebagai berikut:

1. Zat penghasil energi: gula molekul tunggal atau monosakarida, misalnya glukosa dan fruktosa. Dalam makanan, monosakarida dapat ditemukan dalam bentuk rantai dua atau lebih sakarida hingga membentuk karbohidrat dan pati. Zat ini terkandung dalam makanan pokok yang tinggi kadar zat tepung atau pati seperti beras, jagung, gandum, singkong, sagu, sorghum, ubi jalar dan sejenisnya. Bahan makanan ini disebut sebagai makanan pokok karena harus dikonsumsi setiap hari dalam porsi yang relative paling banyak. Jadi dalam piramida makanan seimbang, bahan makanan ini menempati posisi di bagian dasar.
2. Zat pembangun tubuh (penyusun struktur tubuh, hormon dan enzim-enzim): asam amino. Sumber utama zat ini adalah bahan-bahan makanan berprotein tinggi, yaitu daging, telur, ikan, kacang-kacangan, keju.



3. Zat pelindung, pembangun dan cadangan energi: asam lemak dan gliserol. Zat ini diperoleh dari hasil pencernaan lemak yang terutama terdapat pada minyak, margarin, mentega serta lemak atau minyak hewan. Sumber lemak harus menjadi bagian dari menu makanan kita,



meskipun dalam porsi yang sedikit saja.

Gambar 4.1. Piramida gizi seimbang
(Sumber: <http://kfindonesia.org>)

Selain komponen-komponen utama tersebut, tubuh juga memerlukan vitamin dan mineral yang membantu kerja enzim-enzim untuk metabolisme tubuh. Secara alami, bahan-bahan makanan utama yang menjadi sumber karbohidrat, protein dan lemak juga mengandung beberapa vitamin dan mineral penting, terutama menunjang kerja enzim pencernanya. Namun demikian, kita juga sangat memerlukan berbagai vitamin dan mineral lain yang terdapat di dalam sayuran dan buah-buahan. Selain itu, sayuran dan buah-buahan juga merupakan sumber serat yang berfungsi untuk memperlancar proses pencernaan kita. Bahkan dalam piramida makanan bergizi seimbang, sayuran dan buah-buahan harus dimakan lebih banyak dari porsi makanan sumber protein.

Kebutuhan gizi manusia berbeda-beda ditentukan oleh usia, jenis kelamin dan aktivitas tubuhnya. Kecukupan gizi seseorang dapat diketahui antara lain dengan mengukur Indeks Massa Tubuh/IMT (*Body Mass Index/BMI*). Indeks Massa Tubuh dapat diperoleh dari membagi berat badan dengan tinggi badan



yang dikuadratkan, jadi $IMT = BB \text{ (kg)} \text{ dibagi } TB \text{ (m)}^2$. Hasilnya dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Tabel 4.1. Variasi indeks massa tubuh pada manusia

	Kategori	IMT
Kurus	Kekurangan berat badan tingkat berat	< 17,0
	Kekurangan berat badan tingkat ringan	17,0 – 18,4
Normal		18,5 – 25,0
Gemuk	Kelebihan berat badan tingkat ringan	25,1 – 27,0
	Kelebihan berat badan tingkat berat	> 27,0

Sumber: gizi.depkes.go.id

Dengan mengetahui kondisi kecukupan gizi, kita dapat mengatur perolehan kalori dari makanan harian. Setiap orang memiliki kekhasan dalam kebutuhan terhadap kalori, bahkan ketika dia hanya diam tidak melakukan kegiatan apapun. Laju Metabolisme Dasar (*Basal Metabolic Rate/BMR*) adalah sejumlah kalori/energi minimum yang dibutuhkan tubuh ketika tubuh berada dalam keadaan *rest* atau tidur (tidak melakukan aktivitas apapun). Energi ini diperlukan terutama untuk metabolisme organ vital tubuh seperti: hati, otak, jantung, ginjal, otot rangka, dan organ lainnya. Seiring bertambahnya usia, maka nilai BMR akan semakin berkurang.

Cara menghitung BMR menggunakan formula "*Harris-Benedict*" adalah sebagai berikut:

Untuk Laki-Laki = $66.4730 + (13.7516 \times BB \text{ kg}) + (5.0033 \times TB \text{ cm}) - (6.7550 \times \text{usia})$

Untuk Perempuan = $655.0955 + (9.5634 \times BB \text{ kg}) + (1.8496 \times TB \text{ cm}) - (4.6756 \times \text{usia})$

Setelah mendapatkan nilai BMR, perlu diketahui tingkat aktivitas tubuh melalui frekuensi melakukan olahraga. Selanjutnya, nilai BMR dikalikan dengan angka sesuai kategori, sebagaimana yang diuraikan dalam Tabel berikut.



KEGIATAN	KEBUTUHAN ENERGI (KELIPATAN BMR)	
	LAKI-LAKI	PEREMPUAN
Tidur	1,0	1,0
Kegiatan Ringan	1,7	1,7
Kegiatan Sedang	2,7	2,2
Kegiatan Berat	3,8	2,7
Olahraga	6,0	6,0
Santai	1,4	1,4

(Sumber: <http://www.carantrik.com>)

1. Jika asupan makanan = kebutuhan kalori, bisa menjaga berat badan tetap stabil
2. Jika asupan makanan > kebutuhan kalori, bisa menyebabkan kelebihan berat badan
3. Jika asupan makanan < nilai BMR, bisa menyebabkan kekurangan berat badan

Jadi, apabila kita ingin mengurangi berat badan, maka setiap hari kita dapat mengonsumsi makanan kurang dari kebutuhan minimal harian. Sebaliknya bila kita harus menambah berat badan, maka konsumsi harian kita harus melebihi kebutuhan kalori minimal.

Contoh Aplikasi:

Laki-laki berusia 24 tahun dengan berat badan 80 kg dan tinggi badan 180 cm, memiliki nilai BMR 1905 kal. Jika dia memiliki tingkat aktivitas sedang, maka kebutuhan kalori hariannya adalah $1905 \times 1.55 = 2952$ kal. Jadi, untuk

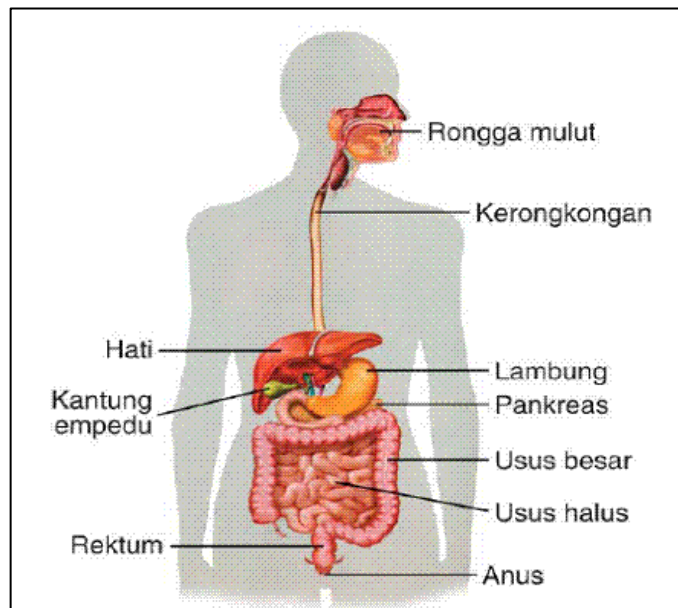


mempertahankan berat badan stabil 80 kg dengan aktivitas sedang, dia membutuhkan asupan makanan sekitar 2950 kalori saja dalam sehari.

Struktur dan Fungsi Organ pada Sistem Pencernaan Manusia

Manusia adalah makhluk hidup heterotrof, artinya tidak bisa menghasilkan sumber energi dan membuat bahan organik sendiri seperti tumbuhan yang bersifat autotrof. Organisme heterotrof memerlukan mekanisme penguraian tubuh makhluk hidup yang dimakannya hingga kembali menjadi komponen-komponen organik dasar, yang bisa digunakan sebagai sumber energi atau bahan penyusun tubuhnya sendiri. Komponen organik dasar itu tentunya memiliki ukuran molekul yang cukup kecil untuk dapat diserap masuk ke dalam sistem transportasi yang akan menyampaikannya ke seluruh bagian tubuh yang membutuhkan. Proses penguraian makanan menjadi sari-sari makanan atau zat organik dasar yang dapat diserap, diedarkan dan digunakan kembali itulah yang disebut sebagai proses pencernaan.

Manusia membutuhkan makanan yang diperoleh dari tumbuhan dan hewan. Oleh sebab itu, manusia digolongkan ke dalam kelompok omnivora. Pencernaan manusia dilakukan di luar sel, baik secara fisik maupun kimiawi menggunakan enzim-enzim pencernaan. Bisa dikatakan bahwa organ-organ sistem pencernaan manusia tersusun seperti selang panjang terbentang dari mulut hingga anus, dengan organ-organ tambahan penghasil enzim yang melekat di sekitarnya. Berikut ini diuraikan proses kronologis pada sistem pencernaan manusia yang melibatkan organ-organ penyusunnya.



Gambar 4.2. Sistem Pencernaan Manusia
(Sumber: www.informasi-pendidikan.com)

Mulut

Proses pencernaan manusia dimulai dalam rongga mulut. Dalam mulut ada seperangkat gigi yang menyobek, mengiris dan menumbuk makanan hingga lumat, dengan bantuan lidah untuk mengaduknya. Dalam mulut juga ada kelenjar penghasil air liur yang membasahi makanan dan membubuhi enzim amilase. Dengan enzim amilase, zat tepung dari makanan yang sudah bercampur air diurai menjadi molekul gula disakarida maltosa. Makanan lumat kemudian dibentuk menjadi bola-bola (*bolus*) yang siap ditelan masuk ke dalam kerongkongan.

Kerongkongan

Bolus makanan ditelan dengan masuk ke dalam pangkal kerongkongan (*faring*) dengan gerakan mendorong ke belakang (arah dorsal) oleh otot pangkal langit-langit mulut yang lembut. Gerakan otot mendorong ke belakang itu sekaligus menutup celah *nasofaring*, yang menghubungkan antara rongga hidung dan faring. Faring juga masih memiliki simpangan saluran terbuka dengan pangkal tenggorokan yang menuju ke paru-paru. Oleh karena itu, pada simpangan tersebut ada jaringan anak tekak (*epiglottis*) yang berfungsi sebagai portal penghalang makanan tersesat masuk ke tenggorokan. Selanjutnya bolus



makanan masuk ke saluran kerongkongan menuju lambung dengan gerakan memijat perlahan ke depan (gerakan *peristaltik*). Kerongkongan adalah saluran sepanjang lebih kurang 25 cm, dan dipisahkan dengan organ lambung oleh otot yang melingkar erat sebagai katup, yaitu otot *spingter*. Normalnya, katup otot ini hanya terbuka beberapa detik ketika makanan mencapai ujung posterior kerongkongan dan akan masuk ke dalam lambung. Bila otot spingter ini terbuka sehingga isi lambung yang asam naik ke kerongkongan, akan terasa kerongkongan akan terasa panas. Otot springter juga akan dipaksa membuka bila ada tekanan kontraksi dari otot pembatas antara rongga dada dan rongga perut (*diafragma*), yaitu ketika seseorang akan muntah.

Lambung

Lambung adalah kantung pencernaan berdinding tebal berlapis-lapis, berbentuk huruf J, menyerong dari kiri atas ke kanan bawah. Bagian atas yang lebih besar disebut fundus dan bagian bawah yang menyempit disebut pilorus. Tiga lapis otot dinding lambung yang sejajar, melingkar dan menyerong berguna untuk membuat gerakan meremas-remas dan mengaduk makanan dalam lambung. Dinding dalam lambung yang berjonjot-jonjot juga menghasilkan asam klorida (HCl) kuat. Kondisi pH 2 akibat adanya asam klorida dapat membunuh kuman dalam makanan, menghentikan kerja enzim amilase dari ludah serta mengaktifkan kerja enzim pepsin yang mengurai protein menjadi pepton. Bagian dalam celah jonjot menghasilkan asam kuat dan enzim pepsin, sementara puncak jonjot menghasilkan lendir (*mucus*) yang melindungi lambung dari asam kuat tersebut. Infeksi oleh bakteri tahan asan *Helicobacter pylori* dapat menghentikan produksi lendir tersebut sehingga dinding dalam lambung luka terkena asam lambung, dan menimbulkan rasa perih atau panas. Perasaan tertekan (*stressed*) dapat memicu pengeluaran asam lambung berlebihan yang juga dapat melukai dinding lambung. Bubur kental makanan yang telah bercampur dengan asam dan enzim lambung disebut kim (*chyme*), dapat tersimpan selama 2 jam dalam lambung. Kim bergerak peristaltis sedikit demi sedikit ke ujung pilorus lambung menuju usus halus (intestine). Antara kantung lambung dan usus halus juga dibatasi oleh otot cincin springter, yang melindungi usus halus dari kondisi asam kuat lambung. Springter pilorus hanya membuka sesaat ketika kim akan masuk ke dalam usus halus.



Usus halus

Secara peristaltis, kim makanan kemudian menyusuri saluran pencernaan terpanjang, yaitu usus halus. Panjang usus halus manusia dewasa dapat mencapai 6 meter. Sepanjang sekitar 25 cm pertama dari usus halus disebut sebagai usus 12 jari atau duodenum. Di dalam duodenum ada saluran-saluran tempat masuknya cairan empedu yang diproduksi oleh hati, serta cairan basa natrium bikarbonat (NaHCO_3) yang dihasilkan oleh pankreas untuk menghilangkan kondisi asam dari lambung. Enzim-enzim pencernaan pada usus halus harus bekerja justru pada kondisi agak basa. Cairan empedu berfungsi untuk mengemulsi lemak makanan menjadi butir-butir kecil yang dapat tersebar dalam air, hingga mudah untuk terkena enzim lipase. Permukaan dalam usus halus berjonjot-jonjot (*vili*) dan tiap jonjotnya juga memiliki jonjot-jonjot lebih halus lagi seperti sikat (*mikrovili*), untuk memperluas bidang penyerapan zat sari-sari makanan. Dengan panjang sekitar 6 m dan jonjot yang berlapis, luas bidang penyerapan dinding usus halus bisa sebanding dengan luas sebuah lapangan tenis! Mikrovili mengeluarkan enzim amilase yang mengurai karbohidrat menjadi gula sederhana (antara lain glukosa dan fruktosa), enzim pepsin yang mengurai protein menjadi pepton, enzim tripsin yang mengurai pepton menjadi asam amino serta lipase yang mengurai lemak menjadi asam lemak dan gliserol. Glukosa dan asam amino berdifusi ke dalam kapiler darah yang menempel di dinding usus halus, sementara asam lemak dan gliserol berdifusi ke dalam kapiler limfe yang disebut lakteal. Oleh pembuluh darah dan pembuluh limfe, sari-sari makanan tersebut diedarkan ke seluruh tubuh. Selanjutnya sisa makanan bergerak peristaltis menuju usus besar.

Hati, empedu dan pankreas

Sebagaimana yang telah diulas sebelumnya, di dalam bagian awal saluran usus halus, yaitu duodenum, kim makanan dicampur dengan zat-zat yang berasal dari tiga organ sumber, yaitu hati, empedu dan pankreas. Hati adalah organ pengolah dan penghasil zat kimia utama dalam tubuh, terletak di sebelah anterior kanan rongga perut manusia. Fungsi hati antara lain untuk memproduksi enzim-enzim,



merombak sel darah merah mati, menampung vitamin A,D,E dan K yang berlebih, menyimpan cadangan gula dalam bentuk glikogen dan mengubahnya menjadi glukosa bila diperlukan, mengubah kolesterol dan asam amino menjadi glukosa dalam kondisi tubuh kehabisan glikogen, serta menetralisasi zat-zat kimia berbahaya hasil metabolisme tubuh sendiri maupun yang dari luar tubuh. Secara langsung, hati berkontribusi dalam pencernaan dengan menghasilkan cairan empedu dari perombakan sel darah merah. Cairan empedu tersebut kemudian ditampung dalam kantung empedu yang menempel pada hati. Kantung empedu dapat menampung hingga seliter cairan empedu. Ketika ada kim makanan yang masuk ke dalam duodenum, cairan empedu ditambahkan ke dalamnya untuk memecah lemak menjadi butiran-butiran yang teremulsi dalam air agar mudah diurai oleh enzim lipase. Sari-sari makanan yang telah berdifusi ke dalam kapiler pembuluh darah dinding usus halus kemudian dibawa ke hati melalui *vena porta hepatica*. Enzim-enzim dari hati antara lain menetralisasi sari makanan dari H_2O_2 hasil metabolisme protein maupun racun-racun yang mungkin ada serta menyimpan kelebihan asam lemak dan vitamin. Dalam hati juga terjadi perubahan glukosa yang berlebihan kadarnya menjadi glikogen (gula otot) dengan enzim insulin yang dihasilkan oleh pankreas. Secara tidak langsung, hati “memastikan keamanan” dari sari-sari makanan dalam darah yang masuk ke dalamnya, sebelum diedarkan ke seluruh tubuh. Pankreas adalah organ yang letaknya di sebelah posterior sebelah kiri dari hati. Pankreas berperan dalam pencernaan dengan mengalirkan cairan basa natrium bikarbonat ($NaHCO_3$) ke dalam kim yang memasuki duodenum untuk menetralkan kondisi asam dari lambung. Peran pankreas secara tidak langsung dalam pencernaan adalah menghasilkan hormon insulin untuk mengubah kelebihan glukosa dalam darah menjadi glikogen di hati.

Usus besar

Usus halus bertemu dengan ujung awal usus besar bagian sekum (*caecum*) yang memiliki bagian menjulur kecil seperti cacing, disebut usus buntu (*appendix*). Diameter usus besar dapat mencapai sekitar 6,5 cm, sedangkan panjangnya sekitar 1,5 m. Sisa makanan terus bergerak peristaltis memanjang sepanjang sekum, mencapai bagian mendatar jejunum dan akhirnya ke bagian menurun ileum (*ileum*). Penyerapan air dan mineral dari sisa makanan masih



terjadi bila diperlukan melalui kapiler darah yang menempel di dinding usus besar. Dalam usus besar tidak lagi terjadi penguraian zat makanan oleh enzim dari tubuh, melainkan pembusukan oleh bakteri *Eschericia coli*. Ujung bagian ilium bersambung dengan rektum, yaitu saluran sepanjang sekitar 20 cm yang menampung sisa makanan yang sudah memadat dan “dibusukkan” oleh bakteri *Eschericia coli*. Melalui proses defekasi, sisa makanan tersebut kemudian dibuang keluar tubuh melalui anus.

Apa yang terjadi pada sari makanan di dalam sel?

Sari-sari makanan hasil pencernaan akan diantarkan oleh kapiler pembuluh darah pada sel-sel yang memerlukannya. Glukosa hasil sistem pencernaan dan oksigen yang diperoleh dari sistem pernapasan akan bereaksi kimia dalam sel menghasilkan energi, karbondioksida dan air. Energi yang dihasilkan digunakan untuk menggerakkan metabolisme lainnya dalam sel, antara lain pembuatan atau penyusunan asam amino, asam lemak dan gliserol menjadi organel sel, hormon atau enzim-enzim. Karbondioksida dan air akan diserap kapiler darah lalu berdifusi masuk ke alveolus paru-paru, lalu dikeluarkan dari tubuh melalui sistem pernapasan. Semakin tinggi aktivitas seseorang, maka energi yang diperlukannya akan semakin besar. Glukosa dan oksigen yang diperlukan oleh seseorang yang beraktivitas tinggi akan sangat banyak dan proses pengubahannya menjadi energi akan menghasilkan karbondioksida dan air yang sangat banyak pula. Itulah sebabnya, semakin berat seseorang berolahraga maka makanan yang diperlukan akan semakin banyak dan pernapasannya akan semakin cepat.

Penyakit-penyakit yang mengganggu sistem pencernaan

Sistem pencernaan kita dapat terganggu oleh penyakit-penyakit berikut ini:

1. Penyakit-penyakit rongga mulut, yaitu sariawan, karies gigi dan infeksi gigi (*gingivitis*)
2. Penyakit pencernaan akibat tekanan psikologis atau kondisi fisiologis, misalnya sariawan, asam lambung yang berlebihan, kerja hati yang berlebihan karena kelelahan, gas berlebih dalam lambung karena kedinginan, sembelit, konstipasi (susah buang air besar) dan sebagainya.



3. Penyakit pencernaan akibat jenis makanan atau minuman, misalnya diare akibat makanan pedas yang membuat gerak peristaltik lambung dan usus menjadi hiperaktif, makanan atau minuman yang merangsang produksi asam dan atau gas lambung yang banyak, misalnya kopi, buah-buahan tertentu, dan makanan yang mengandung minyak berlebihan.
4. Penyakit pencernaan akibat infeksi (*gastroenteritis*) oleh kuman yang terbawa dalam makanan atau minuman, misalnya diare, muntaber, disentri, tipus dan kolera yang menyerang organ usus. Bakteri *Helicobacter pylori* yang tahan terhadap kondisi sangat asam juga dapat menimbulkan infeksi lambung.
5. Penyakit cacingan, yaitu hidupnya cacing-cacing pemakan sari makanan (cacing gelang dan kremi) di usus dan hati (cacing pita) atau menghisap darah dari dinding usus (cacing tambang). Cacing masuk dalam bentuk telur ke dalam saluran pencernaan dari tangan dan makanan yang tercemar.
6. Penyakit batu empedu, akibat pola makan tinggi lemak dan kolesterol atau kelebihan mineral tertentu (misalnya kalsium).

D. Aktivitas Pembelajaran

Makanan dan Tubuh Manusia

Setelah paparan singkat akan sangat baik bila peserta ditugaskan untuk menghitung *Body Mass Index* dan *Basal Metabolism Rate* masing-masing. Setelah mengetahui keadaan *BMI* dan *BMR* masing-masing, peserta lalu diminta membuat rancangan menu seimbang untuk sepekan, lengkap dengan perkiraan kandungan kalori per hari. Rancangan menu tersebut harus ditujukan untuk mencapai nilai *BMI* dan *BMR* yang ideal bagi masing-masing peserta. Variasi menu juga harus memperhatikan kecukupan sumber vitamin mineral. Peserta dapat mencari tabel kandungan gizi makanan dari sumber-sumber tercetak maupun dari dunia maya, asalkan sumbernya diyakini dapat dipercaya.



Struktur dan Fungsi Organ pada Sistem Pencernaan Manusia

Dalam menggunakan bahan ajar ini peserta diklat diharapkan aktif berdiskusi dengan fasilitator dan sesama peserta untuk menyamakan persepsi, juga memantapkan pemahaman terhadap istilah-istilah serta kaitan antar sistem atau mekanisme dalam topik yang dibahas. Pertanyaan-pertanyaan yang diberikan di akhir pembahasan materi pokok dapat membantu peserta diklat untuk lebih mudah mengevaluasi pemahaman terhadap materi.

Akan lebih baik lagi bila peserta diberi media untuk diamati terlebih dahulu, misalnya menonton film proses pencernaan, melihat torso atau bahkan bila hanya ada carta yang menggambarkan susunan lengkap organ. Harus selalu diingat bahwa bila sedang mempelajari struktur dan fungsi alat tubuh manusia, pastikan peserta didik dapat memegang wilayah tempat organ itu berada untuk meningkatkan pemahaman, daya ingat dan pemahaman hubungan pembelajaran dengan kondisi disekitarnya atau hidupnya sehari-hari.

E. Latihan/Kasus/Tugas

Makanan dan Tubuh Manusia

Tuntutan pekerjaan membuat Budi terkadang harus melewatkan sarapan pagi, bahkan terlambat makan siang. Bila harus melewatkan waktu makan, Budi menelan tablet suplemen multivitamin dan mineral yang dia yakini akan memperkuat tubuhnya. Dalam kelompok beranggotakan 2-3 orang, diskusikan apakah yang dilakukan oleh Budi ini tepat menurut teori makanan bagi tubuh manusia? Uraikan penjelasannya dengan alasan yang singkat dan tepat.

Struktur dan Fungsi Organ pada Sistem Pencernaan Manusia

1. Urutkanlah organ-organ yang terlibat dalam pencernaan manusia sejak awal proses hingga akhir!
2. Produk dari sistem pencernaan adalah....
 - a. Enzim-enzim untuk mencerna makanan
 - b. Molekul nutrisi yang diserap pembuluh darah



- c. Hormon-hormon yang mengatur tubuh
 - d. Makanan yang kita makan
3. Hubungan manakah yang tidak benar?
- a. Mulut – pencernaan karbohidrat
 - b. Kerongkongan – pencernaan protein
 - c. Lambung – penyimpan makanan
 - d. Hati – menghasilkan empedu
4. Sebagian besar hasil pencernaan akan diserap oleh tubuh di bagian...
- a. Lapisan berlendir kerongkongan.
 - b. Bagian jonjot-jonjot dinding dalam lambung.
 - c. Bagian seperti sikat pada dinding dalam usus halus.
 - d. Permukaan dalam usus halus yang rata.
5. Proses apakah yang terjadi terhadap hasil pencernaan di dalam sel?
- a. Glukosa bereaksi dengan karbondioksida menjadi energi.
 - b. Asam amino dan asam lemak disusun menjadi organel sel.
 - c. Glukosa direaksikan menjadi energi, oksigen dan air.
 - d. Asam lemak dan gliserol langsung diubah menjadi sumber energi.

F. Rangkuman

1. Manusia memerlukan makanan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi sebagai sumber energi, pembangun dan pelindung tubuh.
2. Tingkat kecukupan gizi manusia dapat dihitung menggunakan rumus *Body Mass Index (BMI)*, sementara kebutuhan minimal kalori per orang dapat dihitung dengan rumus *Body Metabolism Rate (BMR)*. Kebutuhan kalori per orang bergantung pada usia, jenis kelamin, tinggi dan berat badan serta aktivitas harian.
3. Tujuan dari pencernaan adalah menghasilkan sari makanan berupa zat-zat nutrisi yang dapat diserap oleh pembuluh darah (monosakarida dan asam amino) dan pembuluh limfe (asam lemak dan gliserol), untuk kemudian diedarkan ke seluruh tubuh.



4. Pada manusia, terdapat sistem pencernaan ekstra seluler yaitu di dalam rangkaian organ-organ membentuk saluran panjang mulai dari rongga mulut hingga anus. Organ-organ tersebut adalah:
 - Mulut
 - Kerongkongan
 - Lambung
 - Usus halus
 - Usus besar
 - Anus
5. Selain organ-organ utama saluran pencernaan tersebut di atas, organ-organ hati, empedu dan pankreas yang juga memiliki peran langsung dan tidak langsung dalam proses pencernaan. Glukosa, asam amino, asam lemak, gliserol, vitamin dan mineral diserap oleh pembuluh darah dan disampaikan pada tiap sel untuk diproses untuk menghasilkan energi, membentuk enzim dan hormon serta pembangun komponen sel.
6. Penyakit-penyakit yang bisa mengganggu sistem pencernaan dapat disebabkan oleh kondisi psikologis, jenis makanan yang kita makan maupun infeksi akibat kuman atau cacing dari makanan atau minuman yang kita makan.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah Anda menyelesaikan latihan, silahkan lihat tingkat keberhasilan Anda dengan melihat kunci jawaban yang tersedia. Berdasarkan hasil tersebut, jika tingkat pemahaman Anda sudah melebihi 80% berarti Anda telah berhasil menyelesaikan modul ini dengan sangat memuaskan, namun jika tingkat pemahaman Anda masih kurang dari 80%, sebaiknya Anda mengulang kembali materi tersebut.



KUNCI JAWABAN LATIHAN/KASUS/TUGAS

Kegiatan 1: Klasifikasi

1. Semakin tinggi diversitas komunitas pada suatu ekosistem, maka semakin resisten ekosistem tersebut dari “serangan” jenis eksotik yang datang dari daerah lain. Berbagai jenis komunitas akan mempunyai daya tahan yang berbeda-beda terhadap gangguan jenis eksotik, oleh karena itu jika komunitas homogen, dalam sekali gangguan maka seluruh komunitas yang dominan tersebut akan langsung punah.
2. Manfaat keanekaragaman hayati:
 - a. Jasa Ekosistem, seperti: air minum yang bersih, pembentukan dan perlindungan tanah, penyimpanan dan daur hara, mengurangi dan menerapkan polusi, berkontribusi terhadap stabilitas iklim, pemeliharaan ekosistem, dan penyerbukan tanaman.
 - b. Sumber daya hayati, seperti: makanan, obatobatan, bahan baku industri, tanaman hias, stok untuk pemuliaan dan penyimpanan populasi.
 - c. Manfaat sosial, seperti: pendidikan, rekreasi dan penelitian, serta budaya.
3. Optimalisasi konservasi keanekaragaman makhluk hidup secara global dapat dilakukan pada daerah-daerah yang menjadi prioritas (*hotspot*) yang dinilai mewakili keanekaragaman makhluk hidup di dunia.
4. Kunci determinasi dapat kita buat secara terbatas untuk jenis-jenis yang menjadi objek kajian. Langkah awal yang harus dilakukan adalah mendeskripsikan karakter-karakter morfologi dari seluruh jenis, kemudian menyusun pasangan-pasangan pernyataan yang berkebalikan dari karakter morfologi yang umum ke khusus hingga pernyataan spesifik yang langsung merujuk pada identitas jenis. Setelah itu menguji kelayakannya dengan



proses identifikasi jenis-jenis yang tercantum dengan menggunakan kunci tersebut.

Kegiatan 2: Organ Tumbuhan

1	2	3	4	5	6	7
C	A	D	C	C	D	D

Kegiatan 3: Biosel

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B	C	C	A	D	C	B	D	D	A

Kegiatan 4: Sistem Pencernaan

Makanan dan Tubuh Manusia

Inti jawaban: Vitamin dan mineral hanya merupakan zat yang membantu mengatur metabolisme, bukan sumber energi atau zat pembangun, dan tidak menghasilkan kalori. Jadi apa yang dilakukan oleh Budi tidak benar. Budi tetap harus memenuhi kebutuhan makanannya dengan sumber karbohidrat sumber protein dan sumber lemak yang memadai.

Struktur dan Fungsi Organ pada Sistem Pencernaan Manusia

1	2	3	4	5
Terdapat dalam rangkuman	B	A	C	B

EVALUASI

1. Kebutuhan kalori minimal bagi yang dibutuhkan setiap orang ditentukan oleh
 - A. Usia, berat badan, tinggi badan
 - B. Usia, jenis kelamin, aktivitas
 - C. Berat badan, tinggi badan, aktivitas
 - D. Usia, berat badan, aktivitas

2. Hari dan Hira adalah laki-laki bersaudara kembar dengan tinggi dan berat badan yang ternyata sama. Bila diketahui bahwa laju metabolisme dasar Hari adalah 1.900, sedangkan Hira 1.750, maka dapat diduga bahwa....
 - A. Hari lebih sehat daripada Hira
 - B. Hira lebih sehat daripada Hari
 - C. Aktivitas Hari lebih banyak daripada Hira
 - D. Aktivitas Hira lebih banyak daripada Hari

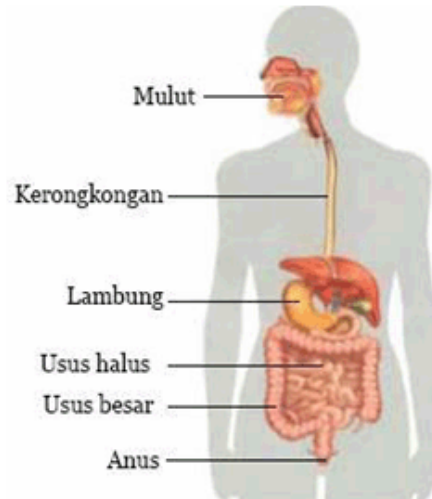
3. Tujuan dari proses pencernaan adalah....
 - A. Mengubah ukuran dan bentuk fisik makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - B. Mengubah jenis dan bentuk fisik makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - C. Mengubah ukuran dan bentuk kimiawi makanan sehingga bisa diserap tubuh
 - D. Mengubah jenis dan bentuk kimiawi makanan hingga bisa diserap tubuh

4. Dua organ yang semuanya berfungsi dalam proses pencernaan lemak pada sistem pencernaan manusia yaitu....
 - A. Lambung dan pankreas
 - B. Lambung dan usus halus
 - C. Usus halus dan empedu



- D. Usus halus dan usus besar
5. Perhatikan organ-organ yang membentuk saluran pencernaan manusia di bawah ini! Organ-organ yang tidak melakukan gerak peristaltik untuk memasukkan bolus makanan yang akan dicerna yaitu....

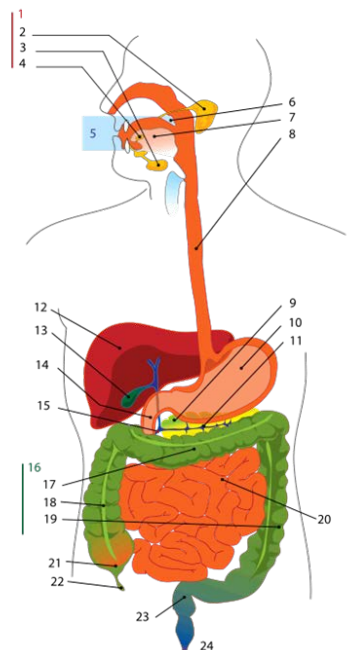
- A. Mulut dan kerongkongan
- B. Kerongkongan dan lambung
- C. Usus halus dan usus besar
- D. Mulut dan anus



<https://wandylee.files.wordpress.com/2012/03/cerna.gif>

6. Perhatikan organ-organ sistem pencernaan berikut! Organ yang menghasilkan enzim dalam keadaan lingkungan asam ditandai dengan nomor...

- A. 2
- B. 8
- C. 10
- D. 20





7. Pilihan yang tepat yang merupakan hubungan antara makanan, enzim pencernaan dan hasil pencernaannya dari tabel berikut yaitu...

No.	Zat makanan	Tempat pencernaan	Enzim	Hasil cerna
A.	Karbohidrat	Mulut	Ptialin	Maltosa
B.	Protein	Lambung, usus halus	Pepsin	Asam amino
C.	Lemak	Lambung, usus halus	Lipase	Asam lemak dan gliserol
D.	Karbohidrat	Lambung, usus halus	Amilase	Glukosa

8. Sel menurut Robert Hooke adalah...
- Bagian terkecil dari jaringan gabus
 - Ruang-ruang kecil yang dibatasi dinding pada jaringan gabus
 - Kesatuan structural dan fungsional terkecil dari makhluk hidup
 - Kesatuan hereditas terkecil dari makhluk hidup
9. Pernyataan berikut yang tepat mengapa virus tidak dikelompokkan ke dalam makhluk hidup berdasarkan teori sel karena....
- Ukuran virus sangat kecil dan bersifat parasit pada makhluk hidup
 - Mampu melakukan reproduksi meskipun harus masuk ke dalam organism lain.
 - Struktur virus hanya dibangun oleh Asam nukleat dan protein serta tidak mampu melakukan reproduksi sendiri.
 - Virus bisa dikristalkan dan hanya hidup dalam organism hidup
10. Protoplasma terdiri atas sejumlah butiran-butiran halus yang tersebar secara uniform dalam medium fluida yang homogen. Teori ini berdasarkan ...
- Granular
 - Fibrilar
 - Alveolar
 - Retikuler



11. Yang termasuk ke dalam transportasi pasif adalah ...
 - A. Difusi dan endositosis
 - B. Difusi difasilitasi dan osmosis
 - C. Osmosis dan endositosis
 - D. Difusi dan transport aktif

12. Jika segumpal gula dimasukkan ke dalam gelas yang berisi air, manakah pernyataan berikut yang benar..
 - A. Terjadi pergerakan molekul gula dari konsentrasi tinggi ke rendah
 - B. Terjadi pergerakan molekul gula dari konsentrasi rendah ke tinggi
 - C. Molekul gula akan mengendap dan berkumpul di dasar gelas
 - D. Memerlukan energi untuk melarutkan gula

13. Berikut ini adalah karakteristik transport aktif, kecuali ...
 - A. Pengangkutan molekul melawan gradien konsentrasi
 - B. Pengangkutan molekul searah dengan gradien konsentrasi
 - C. Memerlukan energi
 - D. Salah satu contohnya adalah endositosis

14. Pernyataan berikut yang benar tentang filamen intermediet adalah ...
 - A. Satu-satunya filamen sitoskeleton yang tidak disusun oleh protein.
 - B. Filamen intermediet merupakan komponen penting bagi sel korteks
 - C. Filamen-filamen ini selalu ditemukan di luar sel
 - D. Filamen-filamen ini membantu sel untuk ertahan terhadap stress mekanik

15. Akar yang membantu dalam pelekatan dan pengambilan nutrisi dari inangnya dapat ditemui pada ..
 - A. Akar anggrek
 - B. Akar vanili
 - C. Akar beringin
 - D. Akar pandan



16. Apabila seorang pekerja kebun menginginkan agar tumbuhan yang ditanamnya tumbuh bercabang ke samping, dan rimbun seperti semak-semak, maka yang harus dilakukannya adalah...
- A. memperbanyak pupuk dan lebih sering menyiram tumbuhan
 - B. selalu memotong cabang tumbuhan setiap kali tumbuh
 - C. memotong bagian pucuk tumbuhan
 - D. tidak menanam tumbuhan terlalu rapat dalam satu lahan
17. Penjelasan berikut ini yang *tidak* tepat terkait dengan perkembangan organ batang adalah ...
- A. Meristem primer batang menghasilkan tunas apikal dan tunas aksiler.
 - B. Pertumbuhan tunas apikal menghasilkan cabang pohon
 - C. Pertumbuhan tunas apikal dan tunas aksiler membuat pohon semakin tinggi dan bercabang-cabang
 - D. Pertumbuhan tunas aksiler menghasilkan cabang pohon.
18. Ditemukan satu jenis ganggang dengan ciri-ciri tubuh berbentuk benang, mempunyai kloroplas, berbentuk spiral dan tempat hidup di air tawar. Berdasarkan karakteristik tersebut, ganggang tersebut adalah...
- A. Volvox
 - B. Rivularia
 - C. Spirogyra
 - D. Clorococcum
19. Perhatikan ciri-ciri hewan Protozoa berikut ini:
- tidak mempunyai rangka
 - mempunyai bulu getar
 - hidup soliter atau berkoloni
 - tak berklorofil
- Hewan Protozoa di atas termasuk kelas ...
- A. Rhizopoda
 - B. Ciliata
 - C. Flagellate
 - D. Sporozoa



20. Bakteri gram positif dapat dibedakan dengan bakteri gram negatif dengan pewarnaan gram, hasilnya bakteri Gram positif akan tampak berwarna ungu, sementara bakteri Gram negatif berwarna merah. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan....
- A. Dinding sel
 - B. Membran dalam
 - C. Membran luar
 - D. Peptidoglikan

PENUTUP

Modul Profesional Guru Pembelajar Mata Pelajaran Biologi Kelompok Kompetensi B yang berjudul Klasifikasi, Organ Tumbuhan, Biosel, & Sistem Pencernaan disiapkan untuk guru pada kegiatan Guru Pembelajar baik secara mandiri maupun tatap muka di lembaga pelatihan atau di MGMP. Materi modul disusun sesuai dengan kompetensi pedagogik yang harus dicapai guru pada Kelompok Kompetensi B. Guru dapat belajar dan melakukan kegiatan dalam Guru Pembelajar ini sesuai dengan rambu-rambu/instruksi yang tertera pada modul baik berupa diskusi materi, eksperimen, latihan, dan sebagainya. Modul ini juga mengarahkan dan membimbing peserta dan para widyaiswara/fasilitator untuk menciptakan proses kolaborasi belajar dan berlatih dalam pelaksanaan kegiatan.

Untuk pencapaian kompetensi pada Kelompok Kompetensi B ini, guru diharapkan secara aktif menggali informasi, memecahkan masalah dan berlatih soal-soal evaluasi yang tersedia pada modul.

Isi modul ini masih dalam penyempurnaan, masukan-masukan atau perbaikan terhadap isi modul sangat kami harapkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M., dan Asrori, M. 2014. *Psikologi Remaja: Perkembangan Peserta Didik*. Jakarta: Bumi Aksara
- Anwar, Chaerun. 2005. *Ekosistem*. Bandung: PPPG IPA.
- Atkinson, R.L., Atkinson, R.C., Hilgard, E.R. 1996. *Pengantar Psikologi*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Biggs, A. Hagins, et all. 2008. *Biology*. New York: Mc Graw Hill.
- BNSP. 2006. *Standar Kompetensi Mata pelajaran IPA untuk SD/MI*, Jakarta: BNSP.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. 2011. *Campbell Biology*. San Francisco, Calif: Benjamin Cummings.
- Campbell, N.A and J.B Reece 2009. *Biology*. Publishing as Benyamin Cumming San Fransisco. Boston, New York.
- Campbell, N.A., dkk., 2009. *Biology 8th Edition*. San Francisco: Benjamin Cummings
- Campbell, Neil A. 2004. *Biologi*. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Depdiknas. 2008. *Panduan Pengembangan Bahan Ajar SMA*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMA.
- DePorter, B. dan Hernacks, M. 2001. *Quantum Learning*, Bandung: Kaifa.
- DePorter, B., Reardon, M., Nouri, S.S. 2001. *Quantum Teaching*. Bandung: Kaifa.
- Diah Aryulina, dkk. 2004. *Biologi SMA Kelas XI* Jakarta: Esis.
- Ernst Mayr. 1982. *The Growth of Biological Thought*. Harvard University Press.
- Estiti. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Penerbit ITB.
- Friedl, Alfred E.. 1986. *Teaching Science to Children: An Integrated Approach*, New York: Random House
- Hariyanto, S. dan Bambang I. 2005. *Sukses Menghadapi Olimpiade Sains Biologi SMP dan MTs*. Bandung : NavPress Indonesia.



- Hurlock, E.B. 1980. *Perkembangan Anak*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Hurlock, E.B. 1980. *Psikologi Perkembangan*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Indrawati. 2007. *Teori Pembelajaran Pemrosesan Informasi*. Bandung: PPPG IPA
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Jakarta : Penerbit Bumi Aksara.
- Joyce and Weil. 1986. *Models of Teaching* Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Joyce and Weil. 1986. *Models of Teaching* Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Kemdikbud. 2013. *Permendikbud 64 tahun 2013 tentang Standar Isi Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran pada Dikdasmen*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran pada Dikdasmen*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran pada Dikdasmen*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 103 Tahun 2014 tentang Pembelajaran pada Dikdasmen*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 104 Tahun 2014 tentang Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 104 Tahun 2014 tentang Penilaian Hasil Belajar oleh Pendidik pada Pendidikan Dasar dan Pendidikan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdikbud. 2014. *Permendikbud No. 59 Tahun 2014 tentang Kurikulum 2013 Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Kemdiknas. 2006. *Permendikas No. 41 tentang Standar Proses*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdiknas. 2006. *Permendikas No. 41 tentang Standar Proses*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdiknas. 2007. *Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional



- Kemdiknas. 2007. *Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdiknas. 2007. *Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdiknas. 2007. *Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kemdiknas. 2007. *Permendikas No. 16 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru*. Jakarta: Kementerian Pendidikan Nasional
- Kimball, J.W. 1995. *Biologi Jilid 2*. Bandung: Erlangga
- Kimball, John W. 1983. *Biologi*. Terjemahan. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Komárek, J., Kaštovský, J., Mareš, J., Johansen, J.R. 2014. *Taxonomic classification of cyanoprokaryotes (cyanobacterial genera) 2014, using a polyphasic approach*. Preslia 86: 295–335, 2014
- Li, C., Motaleb, Md. A., Sal, M., Goldstein, S. F., Charon, N. W. 2000. Spirochete Periplasmic Flagella and Motility. J. Mol. Microbiol. Biotechnol. 2(4): 345-354.
- LN. Yusuf, S. 2012. *Psikologi Perkembangan Anak dan Remaja*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya
- Loree, M.R. 1970. *Psychology of Education*, New York: The Ronald Press.
- Mader, Sylvia S. 2013. *Biology 10th Edition*. International Edition. New York: Mc Graw Hill
- Makmun, A., S. 2002. *Psikologi Kependidikan*, Bandung: C.V. Rosda Karya.
- Martini, Frederic. 2001. *Fundamentals of Anatomy & Physiology*. New Jersey: Prentice Hall
- Mohammad Syarif. 2015. Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013. Mata Pelajaran Biologi. Pusbangprodik
- Mohammad Syarif. 2015. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Mata Pelajaran Biologi Tahun 2015. Pusbangprodik, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Mohammad Syarif. 2015. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Mata Pelajaran Biologi tahun 2015. Pusbangprodik, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
- Mohammad Syarif. 2015. *Modul Pelatihan Implementasi Kurikulum 2013*. Mata Pelajaran Biologi. Pusbangprodik
- Nowicki, Stephen. 2008. *Biology*. Canada: McDougal Littell.
- Peck . 2010. *The Foundation of Chemistry*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning.
- Price, Richard. 2008. *Teaching Secondary Biology*. London: Hodder Muray
- Resosoedarmo S. 1985. *Pengantar Ekologi*. Bandung: Penerbit Remaja Karya CV.
- Sadiman, Arief S., dkk. 2006. *Media Pendidikan*, Jakarta: RajaGrafindo Persada.



- Sanaky, Hujair AH. 2011. *Media Pembelajaran*, Yogyakarta: Kaukaba Dipantara.
- Santrock, J.,W. 2012. *Life-Span Development*. Edisi ke 13, Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Santrock, J.W. 1995. *Life-Span Development*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Saritha Pujari 6 Organic Constituents Present in the Protoplasm: <http://www.yourarticlelibrary.com/biology/6-organic-constituents-present-in-the-protoplasm-5963-words-biology/5107/>
- Saritha Pujari, Protoplasm: Physical and Chemical Nature of Protoplasm, : <http://www.yourarticlelibrary.com/biology/protoplasm-physical-and-chemical-nature-of-protoplasm-biology/5147/>
- Soemarwoto I. 1980. *Biologi Umum I*. Jakarta: Penerbit PT Gramedia.
- Suhaeny, A. 2005. *Saling Ketergantungan antar Makhluk Hidup*. Bandung: PPPPG IPA.
- Sumantri, Mulyani dan H. Johar Permana. 2001. *Strategi Belajar Mengajar* Bandung: CV Maulana
- Sunarto, dan Agung Hartono. 2002. *Perkembangan Peserta Didik*. Jakarta: Rineka Putra.
- Sunarto, H., Hartono,A.,B. 2002. *Perkembangan Peserta Didik*, Jakarta: P.T. Asdi Mahasatya.
- Surya. 2003. *Psikologi Pembelajaran dan Pengajaran*. Bandung: Yayasan Bhakti Winaya.
- Susilowati, D.N., Hastuti, R.D., Yuniarti, E. 2007. *Isolasi dan Karakterisasi Aktinomisetes Penghasil Antibakteri Enteropatogen Escherichia coli K1.1, Pseudomonas pseudomallei 02 05, dan Listeria monocytogenes 5407*. Jurnal Agro Biogen 3(1):15-23
- Suwasono H. dan Kurniati M. 1994. *Prinsip-prinsip Dasar Ekologi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Syaiful Sagala. 2005. *Konsep dan Makna Pembelajaran*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sylvia S. Mader. 2010. *Biology 10th edition*. McGraw Hill Companies. Boston: USA.
- Uno, Hamzah. B. dkk. 2010. *Desain Pembelajaran*. Bandung: MQS Publishing.
- Yeon, Weinstein. 1996. *A Teachers World, Psychology in the Classroom*. Mc. Graw-Hill Inc.
- Yusuf, Pawit M. 2010. *Komunikasi Instruksional*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Zaini, Hisayam, dkk. 2007. *Strategi Pembelajaran Aktif*. Yogyakarta: CTSD.



Sumber Lain: Internet

- Dalilia, Sadila. *Teori Dasar Komunikasi Visual*.
<https://sadikanadalila.wordpress.com/2010/03/21/teori-dasar-komunikasi-visual>. Diakses 13 September 2015
- <https://ian43.wordpress.com/2010/11/03/perbedaan-media-dan-alat-peraga/#more-754>. Diakses 20 September 2015
- <http://septimartiana.blogspot.com/2014/01/contoh-makalah-media-visual.html>.
Diakses 20 September 2015
- <http://ceva24chandra.blogspot.com/2011/06/makalah-media-visual.html>. Diakses
20 September 2015
- <http://akademi-pendidikan.blogspot.com/2012/02/media-visual-dua-dimensi.html>.
Diakses 9 September 2015
- <http://mcholieq.blogspot.com/2013/12/makalah-karakteristik-media-dua-dimensi.html>. Diakses 9 September 2015
- Stokes, Suzane. *Visual Literacy in Teaching and Learning: A Literature Perspective*, dalam *Electronic Journal for the Integration of Technology in Education*, vol. 1. <http://ejite.isu.edu/Volume1No1/pdfs/stokes.pdf>. Diakses tanggal 10 Oktober 2015
- <http://www.aishaekaputri.blogspot.com>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.annurhospital.com>, diakses tanggal 10 November 2010
- <http://www.anyqa.com/Other/1034-general-2.html>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.beritaperawatindonesia.blogspot.com>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.informasi-pendidikan.com>, diakses tanggal 2 Januari 2015
- <http://pelajaranbiologi.info>, diakses tanggal 4 September 2015
- <http://www.prestasiherfen.blogspot.com>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.rosdianah.blogspot.com>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.superclover.com>, diakses tanggal 8 November 2010
- <http://www.wartamedika.com>, diakses tanggal 10 November 2010
- <http://anwarsukses.blogspot.co.id/2011/11/laporan-kerja-enzim-katalase.html>
- <http://www.smartlabs.co.za/adaptations-of-animals-wall-chart-86473.html>
- <http://www.webelements.com/>
- <http://www.webelements.com/shop/product-category/posters/>



GLOSARIUM

Air liur	:	cairan bening yang dihasilkan dalam mulut manusia dan beberapa jenis hewan
Angiospermae	:	tumbuhan berbiji tertutup
Anthophyta	:	tumbuhan berbunga
Asam nukleat	:	molekul organik yang berukuran sangat besar yang dibentuk oleh serangkaian
Asimilasi	:	terjadi ketika individu menggabungkan informasi baru ke dalam pengetahuan mereka yang sudah ada
Autotrof	:	organisme yang dapat membuat makanan sendiri dari bahan anorganik di alamunit nukleotida
Biomassa	:	berat semua organisme yang berada dalam satu tingkat trofik kehidupan
Dekomposer	:	makhluk hidup yang menyerap nutrisi dari organisme yang telah mati, baik tumbuhan maupun hewan, kemudian mengubahnya menjadi bentuk anorganik
Detritivora	:	organisme yang memakan serpihan materi organik yang telah mati.
Diet	:	jumlah makanan yang dikonsumsi oleh seseorang, atau organisme tertentu
Difusi	:	peristiwa berpindahnya zat dalam pelarut dari lingkungan yang berkonsentrasi tinggi ke bagian yang konsentrasinya rendah
Dikotil	:	kelompok tumbuhan berkeping biji dua
Efektif	:	berhasil guna (tindakannya)
Ekosistem	:	suatu komunitas dengan lingkungan fisik tempat hidupnya
Eksoterm	:	organisme yang memelihara suhu tubuhnya dengan menyerap



		panas dari sekelilingnya
Enzim	:	protein yang berfungsi sebagai katalis (senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa ikut habis bereaksi) dalam suatu reaksi kimia organik.
Epidermis	:	sel atau jaringan yang terletak di bagian paling luar organ, bisa terdiri dari satu lapis jaringan atau lebih yang salah satu fungsinya menutupi dan melindungi permukaan organ
Fagositosis	:	proses melanda partikel besar, seperti sel-sel
Filamen intermediet	:	rantai molekul protein yang berbentuk untaian yang saling melilit
Fotoautotrof	:	organisme yang menggunakan energi cahaya matahari dalam membuat makanan.
Gymnospremae	:	tumbuhan berbiji terbuka
Herbivora	:	organisme pemakan tumbuhan, contoh : rusa, sapi, dan banteng
Heterotrof	:	organisme yang mendapatkan makanan dari luar tubuhnya karena tidak dapat membuat makanannya sendiri
Hipotesis	:	anggapan dasar; sesuatu yang dianggap benar meskipun kebenarannya harus dibuktikan
Hormon	:	zat kimia yang dihasilkan oleh kelenjar endokrin untuk dibawa melalui darah agar menimbulkan efek tertentu pada organ tujuannya
Insektivora	:	organisme pemakan serangga, contoh : tapir dan teringgiling
Karbohidrat	:	sumber energi utama untuk makhluk hidup
Karnivora	:	organisme pemakan daging, contoh : harimau, burung alap-alap, dan ular sanca
Kemoautotrof	:	organisme dalam membentuk makanan menggunakan energi yang berasal dari reaksi kimia seperti oksidasi
Kinestetik	:	keistimewaan pada orang-orang tertentu yang lebih cepat memahami ilmu atau pelajaran dengan aktifitas dibanding dengan membaca dan menghafal
Kloroplas	:	organel yang bertanggung jawab untuk fotosintesis
Kofaktor	:	komponen non protein
Kolagen	:	serabut glikoprotein yang hanya terdapat dalam matriks ekstrasel



Kombinasi	:	gabungan beberapa hal
Komunitas	:	kumpulan populasi dari berbagai spesies yang saling berinteraksi baik langsung maupun tidak langsung.
Konsumen	:	makhluk hidup yang tidak dapat menghasilkan makanan sendiri sehingga memakan makhluk lain
Lambung	:	kantung pencernaan berdinding tebal berlapi-lapis
Makrofag	:	salah satu jenis sel darah putih yang berfungsi untuk 'membersihkan' sel-sel mati, virus, bakteri, dan parasit lain dengan cara memakan dan mencernanya
Membran basal	:	membran yang ada di dasar sebuah sel
Membran sel	:	pembatas sel dengan lingkungan luarnya dan sel terdekat
Meristem	:	jaringan pada tumbuhan yang tersusun dari sel-sel yang sangat aktif melakukan pembelahan
Metabolisme	:	proses kimiawi yang terjadi dalam tubuh makhluk hidup.
Metode	:	sebagai cara-cara menyajikan suatu bahan pelajaran pada situasi tertentu
Mikrofilamen	:	rantai ganda protein yang saling bertaut dan tipis
Mikroorganisme	:	makhluk hidup yang sangat kecil, umumnya sel tunggal yang memerlukan mikroskop untuk pengamatannya
Mikroskop	:	sebuah alat yang digunakan untuk mengamati objek berukuran sangat kecil (biasanya mikroorganisme) dan tidak bisa dilihat secara kasat mata
Mineral	:	padatan senyawa kimia homogen, non-organik, yang memiliki bentuk teratur (sistem kristal) dan terbentuk secara alami
Monokotil	:	kelompok tumbuhan berkeping biji tunggal
Monosakarida	:	gula sederhana dan karbohidrat yang ukurannya paling kecil dan paling sederhana strukturnya
Pinositosis	:	proses "menelan" cairan dan bahan terlarut dalam cairan
Problem solving	:	memecahkan masalah; proses mental dan intelektual untuk memecahkan masalah
Protein	:	rangkaian asam amino yang dihubungkan dengan ikatan peptide
Proteoglikan	:	kompleks protein polisakarida
Omnivora	:	organisme pemakan daging dan tumbuhan, contoh : beruang,



	penyu, dan kera
Organisme	: segala jenis makhluk hidup yang mampu menjalankan proses-proses kehidupan
Organ tubuh	: sekelompok jaringan yang melakukan fungsi tertentu
Oviduk	: tuba fallopi; saluran kecil yang menghubungkan ovarium dengan Rahim
Parasit	: organisme yang hidup pada atau di dalam organisme lain dan mengambil makanannya
Populasi	: kelompok individu dari satu spesies yang sama hidup dalam suatu daerah geografik tertentu (habitatnya)
Produsen	: makhluk hidup yang dapat menghasilkan makanan sendiri dan biasanya mengawali suatu rantai makanan.
Profesional	: memerlukan keahlian/kepandaian khusus, orang yang dibayar karena bekerja dengan keahlian khusus
Psikomotorik	: berhubungan dengan aktivitas fisik yang berkaitan dengan proses mental dan psikologi
Rantai Makanan	: suatu rangkaian perpindahan energi melalui proses makan memakan
Relevan	: terkait; ada hubungan langsung
Retikulum endoplasma	: jaringan-jaringan halus dalam sitoplasma yang tugasnya adalah mentransportasi bahan-bahan dengan cepat dari satu tempat ke tempat lain dalam sel
Sekresi	: proses membuat dan melepaskan senyawa kimiawi dalam bentuk cairan atau lender
Sistem Klasifikasi Buatan (Artifisial)	: suatu cara pengelompokan berdasarkan pada karakter-karakter yang dihubungkan dengan kepentingan manusia
Sistem organ	: sekelompok organ yang saling bekerjasama dalam melaksanakan fungsi tertentu
Sitoskeleton	: suatu serat atau filament protein yang terdapat dalam sitoplasma
Skema	: suatu struktur kognitif yaitu suatu jaringan asosiasi yang mengorganisasikan dan memandu persepsi-persepsi individu
<i>Slow learner</i>	: istilah ini diberikan untuk anak dengan kecerdasan lebih



rendah dari rata-rata yang mungkin memiliki keterbelakangan mental atau mungkin hanya memiliki proses intelektual yang lambat. Istilah "lambat belajar" sering secara tidak tepat diterapkan untuk anak-anak dengan keterbelakangan mental ringan.

- Tahapan operasional konkret : merupakan tahapan perkembangan kognitif dari Piaget (7-12 tahun). Anak-anak dapat melakukan operasi dan penalaran logis menggantikan pemikiran-pemikiran intuisi, sejauh penalaran dapat diterapkan ke dalam contoh-contoh yang spesifik atau konkret
- Underachiever : orang, umumnya peserta didik, yang terus mencapai tingkat di bawah kemampuan mereka sudah terbukti. Prestasi rendah mungkin spesifik pada kemampuan analisis atau mungkin umum. Hal ini lebih umum terjadi pada laki-laki daripada perempuan dan sangat khas terjadi pada anak-anak cerdas bahkan berbakat. Hal ini kurang umum terjadi pada peserta didik dengan kemampuan rata-rata dan dengan kebutuhan khusus
- Visual : berdasarkan pengelihatn
- Vitamin : sekelompok senyawa organik berbobot molekul kecil yang memiliki fungsi vital dalam metabolisme setiap organisme, yang tidak dapat dihasilkan oleh tubuh





**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016



**Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik
dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam (PPPPTK IPA)**
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
TAHUN 2016